

Lääketieteellisen tekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2005:12

Selvitysmiehet Toivo Katila ja Hannu Eskola

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä.

Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemior och utredningar.

Lääketieteellisen tekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2005:12

Selvitysmiehet Toivo Katila ja Hannu Eskola



OPETUSMINISTERIÖ

Undervisningsministeriet

MINISTRY OF EDUCATION

Ministère de l'Éducation

Opetusministeriö / Undervisningsministeriet

Koulutus- ja tiedepolitiikan osasto / Utbildnings- och forskningspolitiska avdelningen

Meritullinkatu / Sjötullsgatan 1

PL / PB 29, 00023 Valtioneuvosto / Statsrådet

<http://www.minedu.fi/julkaisut/index.html>

Yliopistopaino / Universitetsstryckeriet, 2005

ISBN 952-442- 902-0 (nid./htf)

ISBN 952-442-903-9 (PDF)

ISSN 1458-8102

Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä/

Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar 2005:12

Kuvailulehti

Julkaisija
Opetusministeriö

Julkaisun päivämäärä
2.5.2005

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri) Selvitysmiehet: Toivo Katila ja Hannu Eskola	Julkaisun laji Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä	
	Toimeksiantaja Opetusministeriö	
	Toimielimen asettamispvm 20.10.2004	Dnro 54/043/2004

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen) Lääketieteellisen tekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys
Utredning om utbildningen och forskningen i medicinsk teknik

Julkaisun osat Muistio + liitteet

Tiivistelmä

Selvitysmies Paavo Uronen ehdotti Opetusministeriölle laatimassaan raportissaan "Teknillistieteellisen koulutuksen mahdollinen laajentaminen Keski-Suomessa ja Pohjois-Savossa" (OPM:n työryhmämuistioita 2004:26), että lääketieteellisen tekniikan DI-koulutustarve selvitetään valtakunnallisesti erikseen. Tähän tehtävään Opetusministeriö kutsui 20.10.2004 professori Toivo Katilan Teknillisestä korkeakoulusta ja professori Hannu Eskolan Tampereen teknillisestä yliopistosta. Selvitysmiesten raportissa kartoitetaan lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutusta ja -tutkimusta maassamme, lähinnä suoritetun kyselyn perusteella. Raportissa esitetään eräitä kansainvälisiä malleja alan koulutuksen järjestämisestä, esitetään lyhyesti sairaalainsinöörien ja sairaalafyysikoiden toimenkuvia ja koulutusta, kuvataan lääketieteellisen tekniikan teollista ja kaupallista toimintaa ja kehitysnäkymiä Suomessa sekä tehdään esityksiä alan koulutuksen ja tutkimuksen kehittämiseksi.

Lääketieteellistä tekniikkaa voi tällä hetkellä opiskella sekä teknilliseen (DI) että luonnontieteelliseen (FM) tutkintoon johtavana. Diplomi-insinööri-koulutuksen tulee olla moniteknistä koulutusta, joka edellyttää riittävän suurta kriittistä massaa. Luonnontieteellinen koulutus antaa periaatteessa mahdollisuuden syvempään erikoistumiseen suppealla erikoisalalla. Lääketieteellisessä tekniikassa on perusteltua tarvetta molemmille koulutuksille. Lääketieteellisen alan diplomi-insinöörejä valmistuu tällä hetkellä vuosittain noin 40-50 ja alan maistereita 10-20. Tohtoreita alalta valmistuu vuosittain parikymmentä, joten jatkokoulutusta harjoitetaan mittavasti. Alan luonteen takia tätä painotusta on syytä jatkaa. Yksi lähiajan tavoite on saada alalle oma kansallinen tutkijakoulu.

Yliopistotutkimus rahoitetaan nykyään pääosin ulkopuolisin varoin. Lääketieteellisessä tekniikassa merkittävimmät ulkopuoliset rahoittajat ovat Suomen Akatemia, Tekes ja yritykset. Lääketieteellinen tekniikka on yleisesti mukana hankkeissa, joihin liittyy myös esim. lääketiedettä, fysiikkaa, kemiaa, biologiaa, psykologiaa sekä sosiaali- ja terveystiedettä. Tällaisista hankkeista, joissa on paljon tieteiden välisiä rajapintoja, odotetaan uusia innovaatioita.

Yrityselämä odottaa, että lääketieteellisen tekniikan koulutus opettaa opiskelijat monitieteiseen keskusteluun eri tahojen, varsinkin terveydenhuollon kanssa. Lääketieteellisen tekniikan opinnot otetaan huomioon rekrytoinnissa, joskin voimakasta keskittymistä pelkkään lääketieteelliseen tekniikkaan ei suositella. Elinkeinoelämä edellyttää lääketieteellisen tekniikan insinööreiltä samanlaisia yleisiä valmiuksia kuin muillakin poikkitieteellisillä aloilla: esittämistaidot, kommunikaatiotaidot, johtamistaidot, luonnontieteellinen ajattelu, omaksumiskyky, laaja-alaisuus, innovatiivisuus, yritysystiö ja standardien ja patentoinnin tuntemus ovat usein esille tuotuja avuja. Koulutuksen tärkeys korostuu myös siinä, että sairaaloiden teknologian käytössä on edelleen runsaasti tehostamisen varaa.

Lääketieteellinen tekniikka edustaa suhteellisen pientä osaa suomalaisesta yliopistokoulutuksesta. Tutkimusalana se on kuitenkin merkittävämpi monitieteellisestä luonteestaan johtuen. Erityisen merkittävä on alan teollinen ja kaupallinen kasvupotentiaali Suomessa.

Selvitysmiesten ehdotuksia

Toimeksiantonsa mukaisesti selvitysmiesten tulee tehdä lääketieteellisen tekniikan koulutus- ja tutkimustoiminnan kehitysehdotuksia, ottaen huomioon myös Suomen kilpailukyyn parantamisen. Selvitysmiehet esittävät mm. seuraavia toimenpiteitä:

· Lääketieteellisen tekniikan uusien opiskelijoiden ja valmistuneiden määrät ovat kasvussa. Valmistuneiden määrät tulee nykyisestä 50-60:stä noin kaksinkertaistaa vuoteen 2012 mennessä. Yliopistojen koulutusosuuksia ei ole tarvetta ohjata keskitetysti.

· Lääketieteellisen tekniikan koulutusta ei ole syytä keskittää tekniikan alan diplomi-insinööri-koulutukseksi. Diplomi-insinööri-koulutusta tulee jatkaa laajan teknillisen taustan omaavissa Oulun yliopistossa, Teknillisessä korkeakoulussa ja Tampereen teknillisessä yliopistossa. Kuopion yliopiston tulee pitäytyä siellä olevaan lääketieteellisen tekniikan hyväntasoiseen luonnontieteen alan maisterikoulutukseen ja kehittää sitä tarjoamalla vaihtoehtoisia, myös soveltavampia koulutussisältöjä.

· Lääketieteellisessä tekniikassa koulutusta antavien yliopistojen tulisi perustaa yhteistyössä sairaaloiden ja elinkeinoelämän kanssa tutkimuskeskuksia, joiden toiminta-ajatus perustuu poikkitieteelliseen tutkimukseen ja terveydenhuollon sovellutuksiin. Valtiohallan tulee huolehtia siitä, että yliopistojen, tutkimuslaitosten, sairaaloiden ja elinkeinoelämän yhteistyön toimintaedellytykset paranevat.

· Terveysteknologian merkitys ihmisen koko elinkaaren aikana on korostumassa. Siksi kansalaisten tulisi jo koulussa oppia ymmärtämään, käyttämään ja arvioimaan lääketieteellistä tekniikkaa, jota he tulevat tarvitsemaan elämänsä aikana fyysisen kunnon ylläpitämisestä ja itsenäisestä selviytymisestä aina terveydenhuoltoon palveluksiin saakka.

Avainsanat

Yliopistot, tekniikan ala, diplomi-insinööri-koulutus, lääketieteellinen tekniikka

Muut tiedot

Sarjan nimi ja numero Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2005:12	ISSN 1458-8102	ISBN 952-442-902-0 (nid.) 952-442-903-9 (PDF)
Kokonaissivumäärä 39 + liitteet	Kieli suomi	Hinta
Jakaja Yliopistopaino		Luottamuksellisuus julkinen
Kustantaja Opetusministeriö		

Presentationsblad

Utgivare
Undervisningsministeriet

Utgivningsdatum
2.5.2005

Författare (uppgifter om organets namn, ordförande, sekreterare)		Typ av publication Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar	
		Uppdragsgivare Undervisningsministeriet	
		Datum för tillsättande av organet 20.10.2004	Dnr 54/043/2004
Utredningsmän: Toivo Katila och Hannu Eskola			
Publikation (även den finska titeln) Utredning om utbildningen och forskningen i medicinsk teknik (Lääketeiteellisen tekniikan koulutuksen ja tutkimuksen selvitys)			
Publikationens delar Promemoria + bilagor			
Sammandrag <p>Utredningsman Paavo Uronen föreslog i sin rapport till undervisningsministeriet "Eventuell utvidgning av den teknisk-vetenskapliga utbildningen i Mellersta Finland och Norra Savolax" (UVM:s arbetsgruppspromemorior 2004:26) att behovet av diplomingenjörsutbildning inom medicinsk teknik utreds separat på riksnivå. För detta uppdrag kallade undervisningsministeriet 20.10.2004 professor Toivo Katila från Tekniska högskolan och professor Hannu Eskola från Tammerfors tekniska universitet. I utredningsmännens rapport kartläggs universitetsutbildningen och -forskningen i medicinsk teknik i Finland, närmast utifrån en enkät. Utredningsmännen presenterar vissa internationella modeller för att ordna utbildningen, anger kort befattningsbeskrivningen och utbildningen för sjukhusingenjörer och sjukhusfysiker, beskriver den industriella och kommersiella verksamheten och utvecklingsutsikterna när det gäller den medicinska tekniken i Finland samt lägger fram förslag till utveckling av utbildningen och forskningen inom branschen.</p> <p>Studier i medicinsk teknik leder för närvarande antingen till en teknisk examen (DI) eller en naturvetenskaplig examen (FM). Diplomingenjörsutbildningen skall vara mångvetenskaplig utbildning som förutsätter ett tillräckligt stor kritisk massa. Den naturvetenskapliga utbildningen ger i princip möjlighet till djupare specialisering på ett snävt specialområde. Inom den medicinska tekniken finns ett motiverat behov för vardera utbildningen. Antalet utexaminerade diplomingenjörer inom medicinsk teknik är för närvarande ca 40-50 per år och antalet magistrar 10-20. Ett tjugotal doktorer utexamineras inom branschen per år, vilket innebär att påbyggnadsutbildning bedrivs i stor skala. På grund av branschens natur är det skäl att fortsätta denna accentuering. Ett mål för den närmaste framtiden är en egen nationell forskarskola.</p> <p>Universitetsforskningen finansieras för närvarande till största delen med externa medel. De viktigaste externa finansierarna inom medicinsk teknik är Finlands Akademi, Tekes och olika företag. Den medicinska tekniken är allmänt med i projekt som också berör t.ex. medicin, fysik, kemi, biologi, psykologi samt social- och hälsovetenskaper. Dessa projekt, med många kontaktytor mellan vetenskaperna, väntas producera nya innovationer.</p> <p>Företagen väntar sig att utbildningen i medicinsk teknik skall ge de studerande färdigheter för mångvetenskaplig diskussion med olika instanser, i synnerhet med hälso- och sjukvården. Studier i medicinsk teknik beaktas vid rekryteringen, även om en kraftig koncentration enbart på medicinsk teknik inte rekommenderas. Näringslivet förutsätter samma allmänna färdigheter av ingenjörer inom medicinsk teknik som inom andra tvärvetenskapliga branscher: presentationsförmåga, kommunikativa färdigheter, ledarförmåga, naturvetenskapligt tänkande, förmåga att tillägna sig kunskap, bredd, innovativitet, företagarkunskap samt kännedom om standarder och patentering är ofta framförda goda egenskaper. Utbildningens betydelse understryks också av att sjukhusens användning av teknologi ytterligare kan effektiviseras.</p> <p>Den medicinska tekniken representerar en relativt liten del av universitetsutbildningen i vårt land. Som forskningsområde är dess betydelse dock betydligt större på grund av dess mångvetenskapliga karaktär. Särskilt betydande är branschens industriella och kommersiella tillväxtpotential i Finland.</p> <p>Utredningsmännens förslag</p> <p>I enlighet med sitt uppdrag skall utredningsmännen lägga fram förslag till utveckling av utbildningen och forskningen i medicinsk teknik, med beaktande av att även Finlands konkurrenskraft förbättras. Utredningsmännen föreslår bl.a. följande åtgärder:</p> <ul style="list-style-type: none">· Antalet nya studerande och utexaminerade inom medicinsk teknik är på uppgående. Det nuvarande antalet utexaminerade 50-60 skall utökas med ungefär det dubbla fram till 2012. Det finns inget behov att styra universitetens utbildningsandelar centralt.· Det finns ingen anledning att koncentrera utbildningen i medicinsk teknik till diplomingenjörsutbildningen i teknik. Diplomingenjörsutbildningen skall fortsätta vid universitet med en omfattande teknisk bakgrund, dvs. Uleåborgs universitet, Tekniska högskolan och Tammerfors tekniska universitet. Kuopio universitet skall hålla sig till sin kvalitativa naturvetenskapliga magisterutbildningen i medicinsk teknik och utveckla denna genom att erbjuda alternativa, även mer lämpliga utbildningsinnehåll.· De universitet som ger utbildning i medicinsk teknik skall i samarbete med sjukhusen och näringslivet inrätta forskningscentraler, vars verksamhetsidé baserar sig på tvärvetenskaplig forskning och hälso- och sjukvårdens tillämpningar. Statsmakten skall se till att förutsättningarna för samarbete mellan universiteten, forskningsinstituten, sjukhusen och näringslivet förbättras.· Hälsovetenskapens betydelse för människans hela livscykel blir allt större. Medborgarna måste därför redan i skolan lära sig förstå, använda och bedöma den medicinska tekniken som de kommer att behöva under livet, allt från att upprätthålla sin fysiska kondition och klara sig på egen hand till att utnyttja hälso- och sjukvårdens tjänster.			
Nyckelord universitet, tekniska branschen, diplomingenjörsutbildning, medicinsk teknik			
Övriga uppgifter			
Seriens namn och nummer Undervisningsministeriets arbetsgruppspromemorior och utredningar 2005:12		ISSN 1458-8102	ISBN 952-442-902-0 (htf) 952-442-903-9 (PDF)
Sidoantal 39 + bilagor	Språk finska	Pris	Sekretessgrad offentlig
Distribution Universitetstrycket		Förlag Undervisningsministeriet	

Opetusministeriölle

Selvitysmies Paavo Uronen ehdottaa Opetusministeriölle laatimassaan raportissaan “Teknillistieteellisen koulutuksen mahdollinen laajentaminen Keski-Suomessa ja Pohjois-Savossa”[1], että lääketieteellisen tekniikan DI-koulutustarve selvitetään valtakunnallisesti erikseen.

Tähän tehtävään opetusministeriö kutsui 20.10.2004 professori Toivo Katilan Teknillisestä korkeakoulusta ja professori Hannu Eskolan Tampereen teknillisestä yliopistosta. Selvitysmiestoimeksiannon mukaan työssä tuli tarkastella ainakin seuraavia asioita:

1. Kartoittaa lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutuksen nykyvolyymi ja koulutuspaikat;
2. Pohtia lääketieteellisen tekniikan yhteiskunnallista merkitystä tulevaisuudessa;
3. Arvioida, mitkä ovat lääketieteellinen tekniikan tulevaisuuden kehitystrendejä ja mihin osaamisalueisiin Suomen tulee lähivuosina panostaa alan koulutus- ja tutkimustoiminnassa;
4. Arvioida lääketieteellisen tekniikan koulutustarve vuoteen 2012 saakka sekä tehdä ehdotuksia siitä, millaisilla koulutusratkaisuilla ja -rakenteilla koulutustarve voidaan tyydyttää.

Lisäksi toimeksiannossa todettiin, että selvitysmiehet voivat tehdä myös muita alan koulutus- ja tutkimustoimintaa koskevia ehdotuksia. Selvityksen tuli valmistua 30.3.2005 mennessä.

Selvitystyöhön liittyen suoritettiin yliopistoille lääketieteellistä opetusta ja tutkimusta koskeva kysely. Selvitysmiehet järjestivät Helsingissä aihetta käsittelevän seminaarin. Selvitysmiehet ovat työnsä aikana vierailleet Oulun, Kuopion ja Turun yliopistoissa sekä Tampereen teknillisessä yliopistossa ja Teknillisessä korkeakoulussa. Näillä vierailuilla tavattiin alan opettajia, opiskelijoita sekä alueella toimivien teollisuusyritysten edustajia. Selvitysmiehet ovat lisäksi kuulleet asiantuntijoita mm. FiHTA:sta, Tekesistä ja EU:sta.

Selvitysmiesten raportissa tarkastellaan lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutusta ja -tutkimusta, selostetaan tehdyn kyselyn tuloksia, arvioidaan nykyistä tilannetta ja tulevaisuutta sekä tehdään toimeksiannossa pyydetty kehittämis ehdotukset. Selvitysmiehiä on avustanut DI Matti Hosia.

Selvitysmiehet kiittävät tässä yhteydessä seminaarin alustajia ja osallistujia, vierailujen isäntiä sekä muita haastatelluita asiantuntijoita. Heidän tiedostaan on ollut korvaamaton apu tämän raportin laatimisessa ja ehdotusten valmistelussa. Kiitämme myös opetusministeriötä käytännön avusta seminaaria ja matkoja järjestettäessä.

Selvitysmiehet luovuttavat raporttinsa ja siihen sisältyvät ehdotuksensa kunnioittavasti opetusministeriölle.

Helsingissä 2.5.2005

Toivo Katila

Hannu Eskola

Sisältö

1	Johdanto	8
1.1	Lääketieteellisen tekniikan tieteenala ja sen määrittely	8
1.2	Selvityksen teosta	9
2	Lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutus Suomessa	11
2.1	Yleistä	11
2.2	Lääketieteellisen tekniikan nykyinen koulutus Suomen yliopistoissa	13
2.3	Suoritettujen perustutkintojen määrät	14
3	Tutkijakoulutuksesta ja tutkimuksesta	16
3.1	Yleistä	16
3.2	Jatkotutkinnot	16
3.3	Julkaisutoiminta	17
4	Voimavarat	18
4.1	Henkilöresurssit	18
4.2	Rahoitus	19
4.3	Resurssityytyväisyys	20
5	Muita tuloksia kyselystä	21
5.1	Työllistyminen	21
5.2	Koulutustarvearvioita	22
6	Sairaalainsinöörien ja sairaalafyysikoiden toimenkuvat ja koulutus	24
7	Lääketieteellisen tekniikan teollinen ja kaupallinen toiminta Suomessa	26
8	Lääketieteellisen tekniikan kansainvälinen kehitys	29
8.1	Huomioita lääketieteellisen tekniikan (litt) koulutuksesta Euroopassa ja USA:ssa	29
8.2	Lääketieteellisen tekniikan nykytrendejä	30
9	Lääketieteellisen tekniikan koulutuksen ja tutkimuksen kehittämistarpeet Suomessa	33
9.1	Taustaa	33
9.2	Yliopistollinen peruskoulutus	34
9.3	Tutkijakoulutus ja tutkimus	34
9.4	Elinkeinoelämän odotuksia	35
10	Toimenpide-ehdotukset	37
	Lähteet	39
	Liitteet	40

1 Johdanto

1.1 Lääketieteellisen tekniikan tieteenalaja sen määrittely

Lääketieteellinen tekniikka on kehittynyt omaksi akateemiseksi ja ammatilliseksi tiedon-
alukseen vasta viimeksi kuluneiden 50 vuoden aikana. Lääketieteellinen tekniikka sijaitsee
useiden tieteenalojen rajapinnalla. Sen perusta on luonnontieteissä ja tekniikassa, kun taas
sovellutusalueet löytyvät lähinnä lääketieteestä ja biologiasta, terveydenhuollosta ja hyvin-
vointitekniikasta. Englanninkielessä termiä “lääketieteellinen tekniikka” vastaavat lähinnä
“Biomedical engineering” ja “Bioengineering”.

Tarkkaa tietoa lääketieteellisen tekniikan alalla työskentelevien määrästä ei ole käytettä-
vissä, mutta yleisesti arvioidaan, että alalla työskentelee maailmanlaajuisesti noin 50 000
henkeä, joista suunnilleen kolmasosa Euroopassa. Kansainvälisissä alan kattojärjestöissä
International Federation for Medical and Biological Engineering (IFMBE) ja International
Organisation for Medical Physics (IOMP) on yhteensä noin 46 000 jäsentä.

Lääketieteellinen tekniikka on suhteellisen nuoresta iästään huolimatta muuttumassa
nopeasti. Erityisesti 10–20 viime vuoden aikana se on myös laajentunut voimakkaasti.
Perinteisimmän sovellusalueen, lääketieteen ja sairaalatoiminnan, lisäksi lääketieteellisen
tekniikan toiminnan alan määritelmään kuuluvat tänään sovellukset esim. biologiaan,
käyttätymistieteisiin ja yksilön kuntoon ja hyvinvointiin.

National Institute of Health (NIH, USA) käyttää lääketieteellisestä tekniikasta
määritelmää, joka on asiallisesti sama IFMBE-yhdistyksen käyttämän määritelmän kanssa:

Biomedical engineering integrates physical, chemical, mathematical, and
computational sciences and engineering principles to study biology, medicine, behavior,
or health. It advances fundamental concepts; creates knowledge from the molecular to
the organ systems level; and develops innovative biologics, materials, processes, implants,
devices, and informatics approaches for the prevention, diagnosis, and treatment
of disease, for patient rehabilitation, and for improving health. (NIH working definition
of bioengineering-July 1997)[2]

Kyseistä määritelmää käyttävät useat muutkin alan yhdistykset ja sitä on käytetty myös tämän
raportin alan määrittelyn pohjana.

Määritelmää on tässä raportissa tulkittu niin, että lääketiede ja biologia ovat sovellusaloja,
mutta eivät tutkimusaloja. Siten lääketieteen ja biologian koulutus ja tutkimus eivät kuulu

tämän selvityksen piiriin. Toisaalta esimerkiksi kognitiivinen aivotutkimus on rajatapaus, sen toimintaa on mukana selvityksessä joiltain osin.

1.2 Selvityksen teosta

Lääketieteellisen tekniikan alan yliopisto-opetusta ja tutkimusta koskeva kysely lähetettiin niille yliopistoille, jotka olivat OPM:lle ilmoittaneet halukkuutensa tähän. Kyselyyn vastasivat seuraavat yksiköt:

Helsingin yliopisto

Fysikaalisten tieteiden laitos, lääketieteellisen fysiikan tutkimusryhmä

Kuopion yliopisto

Luonnontieteiden ja ympäristötieteiden laitos/sovellettu fysiikka

Oulun yliopisto

Lääketieteellisen tekniikan ohjelma (lääketieteellinen, luonnontieteellinen ja teknillinen tiedekunta)

Tampereen teknillinen yliopisto

Sähkötekniikan osasto/Ragnar Granit instituutti, lääketieteellisen tekniikan laitos
Tietotekniikan osasto/signaalinkäsittelyn laitos, Computational System Biology-ryhmä
Tietotekniikan osasto/signaalinkäsittelyn laitos, M2oBSI-ryhmä
Digitaalisen median instituutti/telelääketieteen laboratorio, Seinäjoki

Teknillinen korkeakoulu

Teknillisen fysiikan ja matematiikan osasto/lääketieteellinen tekniikka
Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto/sovellettu elektroniikka
Kylmälaboratorion aivotutkimusyksikkö
Kemian tekniikan osasto/polymeeriteknologia

Turun yliopisto

Lääketieteellinen tiedekunta/biolääketieteen laitos ja teollisuusfysiikka

Kyselyselvityksessä kartoitettiin tietoja alan koulutusmääristä yliopistoissa, resursseista sekä opetus- ja tutkimustoiminnasta. Kyselyyn sisältyi swot-analyysi ja arviointi resurssien riittävydestä. Vastaajien oli myös mahdollista kommentoida selvitysmiesten toimeksiantoon liittyviä asioita ja alan määrittelyä. Selvityksen keskeisiä tuloksia esitellään tässä tekstissä ja liitteinä. Kyselykaavake on liitteenä 1.

Luvussa 1.1 esitettyjen rajausten jälkeenkin kyselyyn saatujen vastausten kattavuutta ja niistä tehtyjen yhteenvetojen ja eri yliopistojen välisten tulosten vertailtavuutta voidaan yksityiskohdissa arvostella. Vahvasti poikkitieteellisellä alalla näin käy kuitenkin väistämättä, koska sekä hallinnolliset rakenteet että tieteen luokitukset on tehty pääasiallisesti vanhojen tieteenalojen, eikä toiminnallisuuden mukaisesti. Selvitysmiehet ovat numeroarvojen epävarmuustekijöistä kiusallisen tietoisia. Toisaalta astetta tarkempi tarkastelu olisi vaatinut moninkertaisesti enemmän aikaa ja työtä.

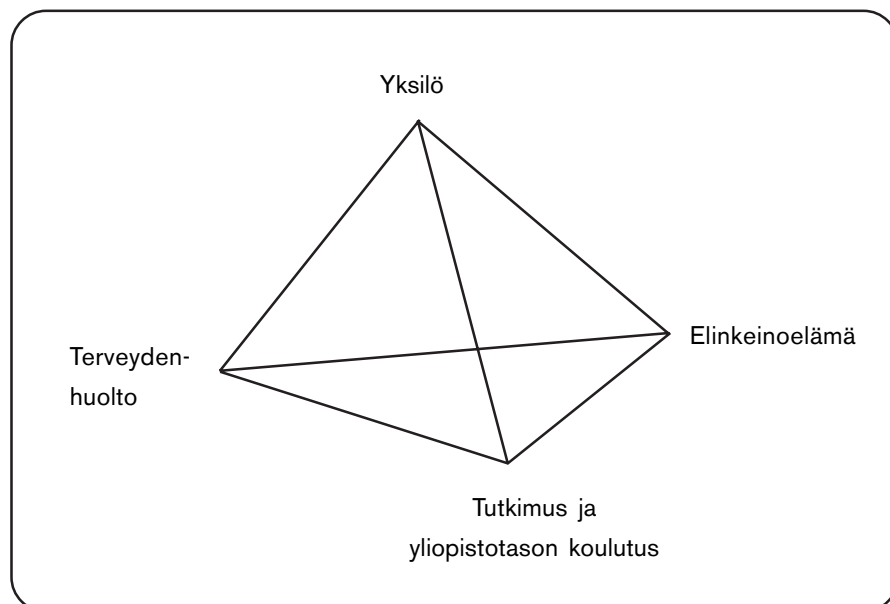
Niin kuin luovutuskirjeessä todettiin, selvitysmiehet järjestivät lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutusta ja -tutkimusta käsittelevän LÄTTY-seminaarin 9.2.2005. Seminaarin avasi opetusministeri Tuula Haatainen ja siihen osallistui noin 40 alan opettajaa, tutkijaa ja elinkeinoelämän edustajaa. Seminaarissa kuultiin esityksiä lääketieteellisen tekniikan koulutuksen kansainvälisistä ja kotimaisista tulevaisuuden trendeistä sekä alan elinkeinoelämän näkemyksiä ja odotuksia. Seminaarin ohjelma on liitteenä 2.

Selvitysmiehet ovat työnsä aikana vierailleet Oulun, Kuopion ja Turun yliopistoissa sekä Tampereen teknillisessä yliopistossa ja Teknillisessä korkeakoulussa. Näillä vierailuilla tavattiin alan opettajia, opiskelijoita sekä alueella toimivien teollisuusyritysten edustajia. Selvitysmiehet ovat lisäksi kuullut asiantuntijoita FiHTA:sta, Tekesistä ja EU:sta. Tapaamisia on järjestetty myös tutkijakoulujen edustajien ja Lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan yhdistyksen edustajien kanssa.

2 Lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutus Suomessa

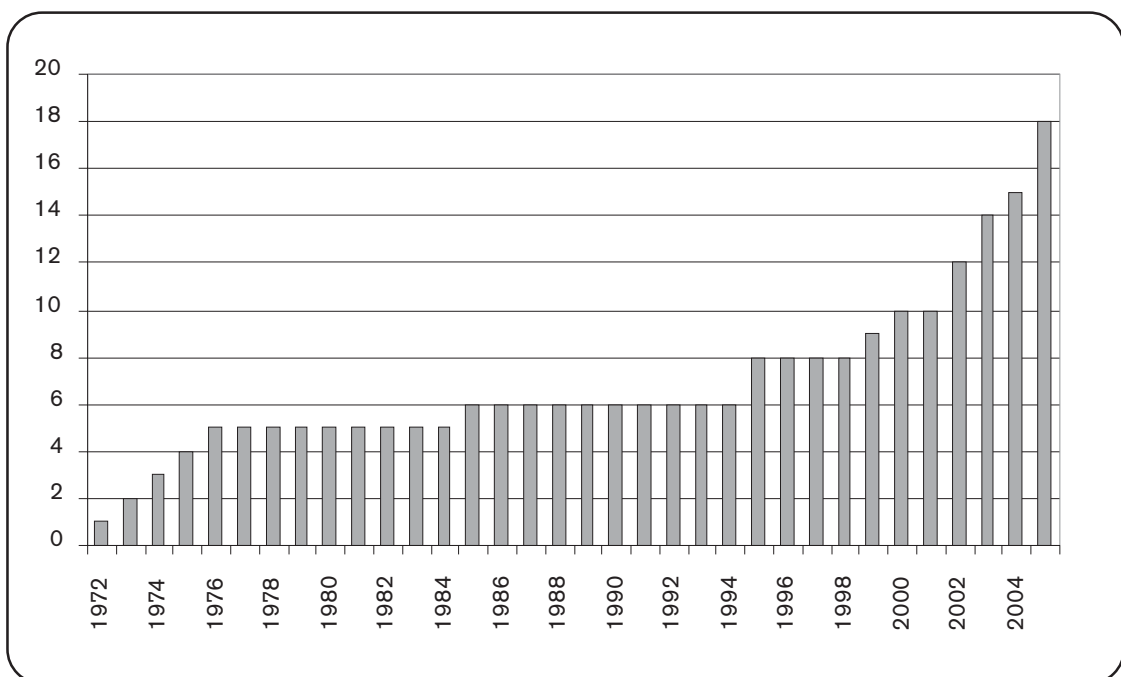
2.1 Yleistä

Lääketieteellinen tekniikka Suomessa, niinkuin yleensäkin Euroopassa, on syntynyt ja vakiintunut tieteen ja tekniikan alana vasta muutaman viime vuosikymmenen aikana. Tyypillinen kehityskulku on ollut esimerkiksi soveltavan fysiikan, sähkötekniikan tai muun tieteen alan tutkimuksen ja opetuksen suuntautuminen lääketieteelliseen fysiikkaan ja/tai muuhun tutkimusyhteistyöhön terveydenhuollon kanssa. Lääketieteellinen tekniikka tukeutuu useisiin eri tieteenaloihin ja tekniikoihin, se on tyypillisesti hyvin poikkitieteellinen ala. Tämä asettaa omat vaatimuksensa alan koulutukselle.



Kuva 1. Terveystenhuollon tekniikan menestyksellinen soveltaminen edellyttää terveydenhuollon, tutkimuksen ja elinkeinoelämän saumatonta yhteistyötä, tavoitteena yksilön elämän laadun parantaminen.

Suomessa lääketieteellinen tekniikka oppialana alkoi kehittyä muutamien virkojen alun perin laajemmalla opetusalamäärittelyllä varustettujen apulaisprofessorien/professorien erikoistues-
sa lääketieteelliseen tekniikkaan. Näin toimivat teknillisen fysiikan professori Toivo Katila
Teknillisessä korkeakoulussa (nimitysvuosi 1972) ja sovelletun fysiikan professori Erik Spring
Helsingin yliopistossa (1973). Seuraavina vuosina alan tunnustus vakiintui, kun perustettiin
ensimmäiset alalle täsmällisesti määritellyt professuurit ja apulaisprofessuurit: lääketieteellinen
fysiikka Kuopioon 1974, biofysiikka Ouluun 1975 ja bioelektroniikka Tampereelle 1976.
Virkojen määrä pysyi tällä tasolla noin 20 vuotta ja alkoi 1990-luvun lopulla hitaasti kasvaa.
2000-luvulla yliopistot tekivät merkittävän panostuksen lääketieteelliseen tekniikkaan kaksin-
kertaistamalla virkojen määrän, joka nyt vuonna 2005 on 18 (kuva 2). Uusien virkojen tu-
losvaikutus vuosina 2003 ja 2004 on vielä vähäinen, joten tässä raportissa esitetyt tilastot ei-
vät sellaisenaan anna täyttä kuvaa lääketieteellisen tekniikan laajuudesta.



Kuva 2: Lääketieteellisen tekniikan professuurit Suomessa 1972–2005.

Seuraavaan luetteloon on koottu vuonna 2005 yliopistojen kokopäiväiset lääketieteellisen tek-
niikan professuurit ja niiden *nykyiset* nimikkeet. Suluissa on mainittu kunkin viran tai sen
suoranaisen edeltäjän perustamisvuosi. Selvitysmiehet ovat pyrkineet muokkaamaan virkalu-
ettelon yhdenmukaisiksi yliopistojen edustajilta saatujen tietojen perusteella. Myös kuva 2
perustuu tähän luetteloon.

Kuopion yliopisto

- Laskennallinen fysiikka (1999)
- Biomateriaalitekniikka (1999)
- Lääketieteen fysiikka ja tekniikka (2004)
- Signaalianalyysi (2005)

Oulun yliopisto

- Biofysiikka, erityisesti solujen ja molekyylien biofysiikka (1975)

Optoelektroniikka ja mittaustekniikka (1995)
Lääketieteen tekniikka (informaatiotekniikka) (2002)
Lääketieteellinen tekniikka, erityisesti digitaalinen datan ja signaalin käsittely (2003)

Teknillinen korkeakoulu

Lääketieteellinen tekniikka (1972)
Biologinen fysiikka (2000)
Lääketieteellinen tekniikka (2003)

Tampereen teknillinen yliopisto

Bioelektroniikka (1976)
Kudosteknologian materiaalitekniikka (1985)
Lääketieteellinen tekniikka (1995)
Telelääketiede (2002)
Lääketieteellinen signaalin- ja kuvankäsittely systeemibiologiassa (2005)
Lääketieteellinen kuvankäsittely funktionaalisille 3D-kuville (2005)

Turun yliopisto

Lääketieteellinen fysiikka ja tekniikka (1993)

Edellä mainittujen lisäksi kaikissa mainituissa yliopistoissa toimii professoreja, joiden työ liittyy lääketieteelliseen tekniikkaan. Tähän joukkoon kuuluu kaksi kognitiivisen aivotieteen akatemiaprofessoria, kaksi tutkijaprofessoria sekä useita lääketieteen, lääketieteellisen kemian ja lääketieteellisen materiaalitieteen professoreja. Myöskään osa-aikaisia professorinvirkoja ei ole tässä taulukossa huomioitu, mutta heidän työpanoksensa näkyy myöhemmin yliopistojen ilmoittamien kokonaisresurssien yhteydessä. Toisaalta osa luettelossa mainituista uudemista professorinviroista on määräaikaista ja perustuu ulkopuoliseen rahoitukseen.

2.2 Lääketieteellisen tekniikan nykyinen koulutus Suomen yliopistoissa

Seuraavassa esitetyt tiedot perustuvat pääosin yliopistoille lähetetyn kyselyn vastauksiin.

Helsingin yliopistossa lääketieteellistä tekniikkaa voi opiskella matemaattisluonnontieteellisessä tiedekunnassa fysikaalisten tieteiden laitoksella. Laitoksella koulutetaan myös sairaalafysiikoita. Lääketieteellisen tekniikan henkilövoimavaroina ilmoitettiin vain 1,7 htv. Erityisesti tälle alalle suunnattua professorin virkaa ei yliopistossa tällä hetkellä ole.

Oulun yliopistossa lääketieteellisen tekniikan koulutus suoritetaan "Oulu School of BME" nimikkeen alla. Se toteutetaan monitieteisesti luonnontieteellisen, lääketieteellisen ja teknillisen tiedekunnan yhteistyönä. Lääketieteellistä tekniikkaa voi opiskella luonnontieteellisessä tiedekunnassa (LuTK) tutkintona filosofian kandidaatti/maisteri (pääaine biofysiikka), lääketieteellisessä tiedekunnassa (LTK) tutkintona terveystieteen kandidaatti/maisteri (pääaine hyvinvointitekniikka) ja teknillisessä tiedekunnassa (TTK) tutkintona diplomi-insinööri (lääketieteellisen tekniikan syventymiskohde elektroniikan, tietotekniikan ja konetekniikan koulutusohjelmissa).

Kuopion yliopistossa aloittaa syksyllä 2005 uudessa luonnontieteiden ja ympäristötieteiden tiedekunnassa uusi teknis-luonnontieteellinen koulutusohjelma. Tämän koulutusohjelman tavoitteena on antaa perusopinnoissa vahva fysikaalis-matemaattinen pohja, mutta

syventävät opinnot suunnataan perusluonnontieteiden tutkimuksen sijasta sovelluksiin. Pääaineita on neljä: teknillinen fysiikka, laskennallinen tekniikka, lääketieteellinen tekniikka ja ympäristötekniikka. Kuopion yliopistossa ja Kuopion seudulla halutaan koulutus saada DI-tutkintoon johtavaksi.

Turun yliopistossa ei anneta varsinaista lääketieteellisen tekniikan opetusta. Alaan liittyvää tutkimusta tehdään lääketieteellisen tiedekunnan biolääketieteen laitoksella ja matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa fysiikan laitoksen teollisuusfysiikan laboratoriossa. Näissä tehdään jonkin verran lääketieteelliseen tekniikkaan liittyviä opinnäytetöitä.

Teknillisessä korkeakoulussa voi teknillisen fysiikan ja matematiikan osastolla teknillisen fysiikan koulutusohjelmassa valita pää- tai sivuaineeksi lääketieteellisen tekniikan. Sähkö- ja tietoliikennetekniikan osastolla sovelletun elektroniikan laboratoriossa annetaan alaan liittyvää opetusta. Kemian tekniikan osastolla useassakin laboratoriossa annetaan alaan, lähinnä biomateriaaleihin, liittyvää opetusta. Kylmälaboratorion aivotutkimusyksikkö tekee pääasiassa tutkimusta, mutta siellä tehdään myös opinnäytetöitä.

Tampereen teknillisen yliopiston sähkötekniikan osastolla sähkötekniikan koulutusohjelman osana toimii lääketieteellisen tekniikan ja informatiikan (LTI) opintosuunta. Opintosuunnassa on kolme vaihtoehtoa aineopintoihin: lääketieteellinen elektroniikka, lääketieteellinen fysiikka ja lääketieteellinen informatiikka. Opintosuunnasta vastaa Ragnar Granit instituutti ja opetus annetaan yhteistyössä signaalinkäsittelyn ja ohjelmistotekniikan laitosten kanssa. Materiaalitekniikan osaston alainen biomateriaalitekniikan laitos (kudosteknologiaskeskus) antaa opetusta biomateriaalitekniikan alalla sekä tutkii ja kehittää biohajoavia synteettisiä ja luonnonpolymeerejä. Tietotekniikan osaston signaalikäsittelyn laitoksella ja digitaalisen median instituutin Seinäjoen yksikössä tehdään alaan liittyvää tutkimusta, jonka ohessa syntyy lääketieteellisen tekniikan opinnäytetöitä.

2.3 Suoritettujen perustutkintojen määrät

Lääketieteellinen tekniikka ei esiinny omana alanaan missään virallisessa tilastossa (Tilastokeskuksen luokituksessa se todennäköisesti sisältyy luonnontieteessä fysiikan ja tekniikassa teknillisen fysiikan, sähkötekniikan ja tietotekniikan aloille).

Seuraavassa esitetyt tiedot perustuvat myös yliopistoille lähetettyyn kyselyyn. Siinä kysyttiin lääketieteellisessä tekniikassa tehtyjen pro gradu- ja diplomitöiden määrät vv. 2000–2004. Vastaukset eivät ole täysin kattavia, mutta toisaalta ilmoitettujen mukana on muutamia sellaisiakin töitä, jotka eivät kuulu keskeisesti lääketieteellisen tekniikan piiriin.

Filosofian maisterikoulutusta lääketieteellisessä tekniikassa on annettu merkittävästi Oulun ja Kuopion yliopistoissa, Helsingin yliopisto on ilmoittanut vuosittain valmistuvien määräksi 1–2. Tekniikan alan diplomi-insinööritutkintoon johtavaa lääketieteellisen tekniikan koulutusta on annettu Oulun yliopistossa, Teknillisessä korkeakoulussa ja Tampereen teknillisessä korkeakoulussa.

Kyselyn mukaan valmistuneiden määrät ovat viime vuosina olleet kasvussa; vuonna 2000 perustutkinnon suoritti 48 (näistä 33 DI) ja vuonna 2004 jo 79 (näistä 60 DI).

Taulukko 1. Lääketieteellisessä tekniikassa suoritettut yliopistojen perustutkinnot vv. 2000–2004 vastaajien ilmoituksen mukaan.

	2000	2001	2002	2003	2004
HY	2	1	2	1	2
OY FM/DI	6/1	8/1	3/2	5/3	6/4
KuY	7	10	7	7	11
TKK	26	27	30	30	39
TTY	6	10	20	10	17
<i>yht</i>	48	57	64	56	79

TKK:sta ilmoitettuihin diplomitöihin sisältyy myös muun kuin lääketieteellisen tekniikan opinnäytteitä. Vuonna 2004 niitä oli noin kolmasosa TKK:n kokonaismäärästä. Saatujen tietojen perusteella voidaan päätellä, että lääketieteellisen alan diplomi-insinöörejä valmistuu Suomessa tällä hetkellä vuosittain noin 50 ja alan maistereita 10–20.

3 Tutkijakoulutuksesta ja tutkimuksesta

3.1 Yleistä

Lääketieteellisen tekniikan tutkimuksen päämääränä on edistää yksilön terveyttä ja hyvinvointia. Tutkimus on luonteeltaan poikkitieteellistä ja usein multilateraalista. Alan yliopistotutkimus on perustutkimuksen lisäksi myös lähellä sovelluksia. Tutkimuksen yhteistyö elinkeinoelämän kanssa on luonnollista ja siihen tulisi liittyä myös yhteydenpitoa terveydenhuoltoon.

Lääketieteellisen tekniikan monitieteisyydestä ja myös tutkimusintensiivisyydestä kertoo, että ala on vuonna 2005 vahvasti edustettuna viidessä 42:sta Suomen Akatemian nimeämisestä tutkimuksen huippuyksiköistä. Se on sovellutusalueena TKK:n kylmälaboratorion *fysiikan ja aivotutkimuksen yksiköissä*, joissa erityisesti kognitiivinen aivotutkimus on vahvasti edustettuna, TKK:n *laskennallisen tieteen ja tekniikan tutkimuskeskuksessa*, HY:n, TKK:n ja HUS:n yhteisessä *Helsingin aivotutkimuskeskuksessa*, sekä TTY:n *signaalinkäsittelyn tutkimusryhmässä*. Lääketieteellisiä biomateriaaleja tutkitaan HY:n, KY:n, OY:n, TKK:n ja TTY:n ohjatun kudosuusiutumisen tutkimusryhmässä. Lääketieteellisen tekniikan alalla toimivia Suomen Akatemian akatemiaprofessoreita on huippuyksiköissä 4–5.

Alalla toimii yksi tutkijakoulu, *funktionaaliset tutkimukset lääketieteessä*. Siinä on koordinoivana yliopistona TKK (lääketieteellisen tekniikan laboratorio) ja jäseninä HY, TuY, KuY, OY ja HUS. Koulussa on vain viisi OPM:n rahoittamaa tutkijakoulupaikkaa (mutta 76 tutkijakouluopiskelijaa), kun OPM:n rahoittamia tutkijakoulupaikkoja on kaikkiaan 1428 (kaikkiaan tutkijakouluopiskelijoita on yli 4 000).

3.2 Jatkotutkinnot

Lääketieteellisen tekniikan alan yliopistollisissa jatkotutkinnoissa pääpaino on tohtorin tutkinnoissa. Lisensiaatin tutkintoja on suoritettu suhteellisen vähän. Tohtoreita on valmistunut alalta viime vuosina parikymmentä vuosittain. Perustutkintojen määrään verrattuna tämä on runsaasti. Tälläkin perusteella alaa voidaan sanoa hyvin tutkimusintensiiviseksi. Professoria kohti valmistuu keskimäärin enemmän kuin yksi tohtori vuodessa, kun koko tekniikan alalla luku on keskimäärin 0.6.

Taulukko 2. Lääketieteellisen tekniikan jatkotutkinnot vv. 2000–2004 tarkistetun arvion mukaan.

	lisensiaatit					tohtorit				
	2000	2001	2002	2003	2004	2000	2001	2002	2003	2004
HY						1		2		4
OY	1	1	1		2		4	3	2	4
KuY		1	1		2		2	4	4	6
TuY								2	1	
TKK	1	3	4		2	5	3	7	8	5
TTY		1	1		2	2	1	1	4	1
<i>yhteensä</i>	2	6	7		8	8	10	19	19	20

Yliopistojen ilmoittamia väitöskirjalukuja on taulukossa 2 tiukasti karsittu lääketieteelliseen tekniikkaan siten, että esimerkiksi lääketieteen ja kemian väitöskirjat eivät sisälly lukuihin, vaikka liittyisivätkin läheisesti lääketieteelliseen tekniikkaan. Myöskään kaikkia yksiköiden ilmoittamia tekniikan alan väitöskirjoja ei ole otettu taulukkoon. Karsiminen pienensi eniten Oulun tunnuslukuja (ilmoitettuja väitöskirjoja 43, taulukossa mukana 13).

3.3 Julkaisutoiminta

Selvityksessä kysyttiin kansainvälisissä referee-aikausilehdissä julkaistujen artikkelien määriä. Valmistuvien tohtorien suuren määrän lisäksi alalla myös julkaistaan paljon. Toisaalta eri laitosten ja laboratorioiden välillä on julkaisukulttuurissa suuria eroja. Taulukossa 3 julkaisut on annettu yliopistoittain yhteenlaskettuna. Viimeisessä sarakkeessa on esitetty vuodelle 2004 indikaattori julkaisuja/(opettajat+tutkijat). Samoin kuin tutkintoluvuissa, on julkaisujen määrissäkin mukana todennäköisesti lääketieteellisen tekniikan alaan varsinaisesti kuulumattomiakin artikkeleita.

Taulukko 3. Kansainväliset referoidut julkaisut lääketieteellisessä tekniikassa vv. 2000–2004 vastaajien ilmoituksen mukaan.

	2000	2001	2002	2003	2004	julk/(opet+tut)
HY	2	1	5	6	12	7,0
OY	30	29	32	32	45	1,3
KuY	35	35	34	48	34	0,6
TuY	9	3	12	7	11	0,8
TKK	38	43	49	35,5	31	0,7
TTY	13	4	13	32	31	0,6
<i>yhteensä</i>	127	115	145	161	164	0,8

Opettajaa ja tutkijaa kohti laskettuna julkaisuja oli v. 2004 keskimäärin 0,8. Luku on samaa suuruusluokkaa kuin koko luonnontieteissä (1,0) ja selvästi suurempi kuin koko tekniikassa (0,4). Helsingin yliopiston suhdeluku ei ole vertailukelpoinen, koska artikkeleissa on lukuisia kirjoittajia, mutta henkilömääräksi on ilmoitettu kuitenkin vain 1,7.

4 Voimavarat

4.1 Henkilöresurssit

Kyselyssä vastaajia pyydettiin arvioimaan, mikä osuus henkilökunnan työpanoksesta käytetään lääketieteelliseen tekniikkaan. Kun näillä prosenttiluvuilla kerrottiin ilmoitetut henkilötövuodet, saatiin tietynlainen laskennallinen arvio lääketieteellisen tekniikan voimavaroista.

Lääketieteellisen tekniikan alalla tehtiin vastausten mukaan noin 350 henkilötövuotta, joista yliopistojen budjettivaroin noin neljännes. Lääketieteellisen tekniikan henkilötövuosi (ltthtv) muutettuna tämä on 275. Vastausten perusteella suurin alan yksikkö on TTY (77 ltthtv), mutta lähes samansuuruisia ovat KuY (69) ja TKK (67). OY on samaa suuruusluokkaa (44), mutta TuY (14) ja HY (1,7) jo selvästi pienempiä.

Kyselyn perusteella professoreita on alalla kaikkiaan 26, ltthtv:ksi muutettuna 19. Tämä on noin 0,9 % kaikista tiedeyliopistojen professoreista. Kuvan 2 mukaan alan varsinaisia professuureja oli 16 vuonna 2004. Ero johtuu siitä, että kyselyssä ovat mukana kaikki lääketieteelliseen tekniikkaan ilmoitetut henkilöt, heidän työpanoksensa vaihteli 10–100 %:iin. Yliassistentteja on 6, assistentteja 13 ja lehtoreita 5. Tuntiopetus on merkittävä opetusvoimavara, vaikkakin se kokopäiväistettynä näyttää vähäiseltä (4,8 ltthtv). Alalla on suhteellisen runsaasti tutkijoita, kaikkiaan 204 htv. Heistä yli 90 % on palkattu yliopistobudjetin ulkopuolisin varoin. Yhteenveto henkilövoimavaroista on taulukossa 4.

Taulukko 4. Lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutuksen henkilövoimavarat.

Henkilöresurssit v. 2004 (htv)

bud = budjetti varoin, ulk.=ulkopuolisin varoin, ltt % = lääketieteellisen tekniikan osuus

ptv = "lääket.tekn. henkilökunta" = henkilöt kerrottuna ltt %:lla

	bud	ulk.	ltt %	ptv	bud	ulk.	ltt %	ptv	bud	ulk.	ltt %	ptv
	HY				OY				KuY			
Professorit					4,0	0,0	100,0	4,0	5,0	5,0	50,0	5,0
Yliassistentit					6,0	0,0	66,7	4,0	1,0	0,0	50,0	0,5
Lehtorit					0,0	0,0		0,0	2,0	1,0	10,0	0,3
Assistentit					4,0	1,0	100,0	5,0	2,0	1,0	50,0	1,5
tuntiopetus, htv	0,2	100,0		0,2	1,2	1,1	100,0	2,3	0,3	0,0	80,0	0,2
Tutkijat		1,5	100,0	1,5	1,0	18,5	100,0	19,5	0,0	75,0	70,0	52,5
Tutk.av.henk.					1,0	9,5	74,3	7,8	0,0	7,0	80,0	5,6
Muu henkilöstö					2,5	0,0	50,0	1,3	2,0	4,0	50,0	3,0
<i>Yhteensä</i>	0,2	1,5	100,0	1,7	19,7	30,1	88,1	43,9	12,3	93,0	65,2	68,6
	TuY				TKK				TTY			
Professorit	1,0	100,0		1,0	6,0	1,4	80,1	5,9	3,0	1,0	87,5	3,5
Yliassistentit				0,0	2,0	0,0	25,0	0,5	1,0	0,0	100,0	1,0
Lehtorit	1,0	100,0		1,0	0,0	0,0		0,0	1,0	0,0	100,0	1,0
Assistentit	2,0	100,0		2,0	4,3	0,0	76,7	3,3	0,9	0,1	65,0	0,7
tuntiopetus, htv				0,0	1,0	0,0	10,0	0,1	2,0	0,1	95,2	2,0
Tutkijat	10,0	100,0		10,0	4,0	50,5	65,1	35,5	3,0	40,0	98,6	42,4
Tutk.av.henk.				0,0	4,5	24,2	80,8	23,2	0,0	24,0	100,0	24,0
Muu henkilöstö				0,0	6,5	0,5	18,6	1,3	2,0	0,0	100,0	2,0
<i>Yhteensä</i>	14,0	0,0	100,0	14,0	28,3	76,6	66,6	69,8	12,9	65,2	98,0	76,6
	Kaikki yhteensä											
Professorit	19	7,4	73,6	19,4								
Yliassistentit	10	0	60,0	6,0								
Lehtorit	4	1	46,0	2,3								
Assistentit	13,2	2,1	81,4	12,5								
tuntiopetus, htv	4,7	1,2	82,0	4,8								
Tutkijat	18	185,5	79,3	161,4								
tk.av.henk.	5,5	64,7	86,3	60,6								
Muu henkilöstö	13	4,5	43,1	7,6								
<i>Yhteensä</i>	87,4	266,4	77,6	274,6								

4.2 Rahoitus

Vastausten perusteella lääketieteellisen tekniikan rahoitus yliopistoissa oli v. 2003 kaikkiaan vähän yli 13 miljoonaa euroa, budjettirahoituksen osuuden ollessa tästä noin 40 %. Edellä esitetyllä tavalla "lääketieteellisen tekniikan rahaksi" (ltt-rahoitus) muutettuna sen laskennallinen määrä on noin 10 miljoonaa euroa. Määrä on noin 0,55 % tiedeyliopistojen kokonaisrahoituksesta. Todennäköisesti vuoden 2005 rahoitusmäärät ovat suuremmat, erityisesti lisääntyneiden professoriresurssien myötä.

Taulukko 5. Lääketieteellisen tekniikan rahoitus yliopistoissa v. 2003

	rahoitus v. 2003 tuhatta euroa		
	budjettirah.	ulkopuol.rah.	litt-rahoitus
HY	4	1 27	131
OY	850	1 194	1 799
KuY	980	2 082	1 996
TuY	210	300	510
TKK	2 575	2 966	3 689
TTY	787	1 133	1881
<i>yhteensä</i>	5 406	7 802	10 006

Yllä olevassa taulukossa vastaajien ilmoittama rahoitus on laskettu yliopistoittain yhteen. Lääketieteellisen tekniikan laskennallinen rahoitus (litt-rahoitus) on laskettu kertomalla kokonaisrahoitus (budjettirahoitus + ulkopuolinen rahoitus) henkilöstön työpanoksen lääketieteellisen tekniikan osuudella (taulukko 4).

4.3 Resurssityytyväisyys

Kyselyssä vastaajat saivat arvioida yksikkönsä resursseja asteikolla 1–5 (1. täysin riittämättömät, 2. vaivoin riittävät, 3. tyydyttävät, 4 hyvät ja 5. erinomaiset). Voimavaroista pyydettiin arvioimaan henkilöresurssit (opettajat, tutkijat, muu henkilöstö) sekä rahoitus (kokonaisuu- tena, laitteet, tilat) erikseen opetuksen ja tutkimuksen osalta.

Taulukko 6. Vastaajien tyytyväisyys resursseihin asteikolla 1–5.

	henkilöresurssit			muut resurssit						keski- arvo
	opet- tajat	tutki- kijat	muu henkil.	opetus			tutkimus			
				rahoitus kokon.	laitteet	tilat	rahoitus kokon.	laitteet	tilat	
HY	3	4		4			4			3,8
OY	2	3	2	2	3	4	3	2	3	2,7
KuY	3	4	3	2	3	4	4	4	4	3,4
TuY	4	3	1	3	1	3	3	1	2	2,3
TKK	2,3	3,3	3,5	2,3	2,3	3,3	3	3,3	3	2,9
TTY	2	3,3	3,7	2,3	4	4,3	3	3,5	4,5	3,4
keskiarvo	2.7	3,4	2,6	2,6	2,7	3,7	3,3	2,8	3,3	3.0

5 Muita tuloksia kyselystä

5.1 Työllistyminen

Vastaajilta pyydettiin arviota siitä mihin heiltä v. 2000–2004 valmistuneet lääketieteellisen tekniikan opiskelijat ovat työllistyneet. Vastausten perusteella näyttää siltä, että käytännössä kaikki valmistuneet ovat työllistyneet. Taulukossa 7 vastaukset ilmoitetaan prosentteina yliopistoittain.

Yliopiston sijaintimaakuntaan työllistyi yli 70 %, eniten TKK:ssa 84 % ja vähiten TTY:ssä 61. Elinkeinoelämään työllistyi kaikkiaan 35 %, eniten TKK:ssa 68 %. Erikoista on, että Kuopiosta valmistuneista (yht. 48) kukaan ei ole elinkeinoelämän palveluksessa. Lääketieteellisen tekniikan toimialalle työllistyi 73 % valmistuneista, eniten Oulussa, peräti 97,6 %; TKK:ssa vähiten, noin puolet valmistuneista. TKK:n muita suurempi valmistuneiden määrä ja vähäisempi lääketieteelliseen tekniikkaan sijoittuminen selittyy jälleen osittain sillä, että noin kolmasosa ilmoitetuista on valmistunut muulta alalta kuin keskeisestä lääketieteellisestä tekniikasta.

Taulukko 7. Vuosina 2000–2004 lääketieteellisestä tekniikasta valmistuneiden työllistyminen (%)

	Yht.	OY	KuY	TKK	TTY
valmistuneita yht.	302	41	48	152	72
työllistyminen (%)					
- yliopiston sijaintimaakuntaan	74,6	63,4	78,7	83,7	61,1
- muualle	24,4	31,7	19,2	16,3	38,9
- ei tietoa	1,0	4,9	2,1	0	0
- elinkeinoelämään	46,7	53,7	0	67,7	34,7
- yliopistoihin ja tutkimuslaitoksiin	38,1	43,9	76,1	22,3	38,9
- muualle	15,2	2,4	23,9	10,0	26,4
- lääketieteelliseen tekniikkaan	67,0	97,6	80,4	49,2	72,7
- muulle toimialalle	33,0	2,4	19,6	50,8	27,8

Tampereen teknillisen korkeakoulun Ragnar Granit instituutti on selvittänyt laitokselta valmistuneiden diplomi-insinöörien sijoittumista työelämään [3]. Selvityksestä on kulunut jo jonkin verran aikaa, mutta koska se on eräiltä osin tätä selvitystyötä yksityiskohtaisempi, mainitaan myös sen tuloksia tässä yhteydessä. Selvityksessä oli mukana kaikkiaan 267 vuosina 1976–1997 lääketieteellistä tekniikasta diplomityönsä Tampereen teknillisessä korkeakoulussa tehnyttä diplomi-insinööriä.

Valmistuneiden työsuhteen laatu jakaantui silloin seuraavasti: vakituinen kokopäivätoimi 81 %, määräaikainen kokopäivätoimi 13 %, muut 6 %. Määräaikaisista 85 % työskenteli valtion laitoksissa. Nykyinen työ vastasi suurelta osin korkeakoulusta saatua koulutusta 50 %:lla vastaajista. Sen sijaan 18 % vastaajista ilmoitti, että nykyinen työ vastasi vähän tai ei mitenkään diplomi-insinöörin tutkinnossa saatua koulutusta.

Työnantajatyypin nykyisessä työpaikassa jakaantui seuraavasti: kotimainen yritys 68 %, valtion laitokset 23 %, muut 4 %. Alueellisesti näiden Tampereelta valmistuneiden työpaikat sijaitsivat seuraavasti: Tampereen seutu 50 %, Helsingin seutu 29 %, Turun seutu 8 %, muut 13 %.

5.2 Koulutustarvearvioita

Seuraavassa esitetään tiivistelmät vastaajien esittämistä koulutustarvearvioista.

Oulun yliopisto arvioi valtakunnalliseksi tarpeeksi 100 tutkintoa vuodessa. Oulun yliopiston osuudeksi on ehdotettu 30 tutkintoa vuodessa vastaten 50 maisteri/DI-aloitusta paikkaa.

Kuopion yliopisto arvioi, että kaikilla hyvinvointisektorin toimialoilla tarvitaan teknillisen koulutuksen saaneita henkilöitä, joilla on kosketus lääketieteeseen, terveydenhuollon ja hyvinvointialan erityistarpeisiin. Lääketieteellisen tekniikan alan yritykset joutuvat nykyisin rekrytoimaan suurimmalta osin muita kuin soveltuvan koulutuksen omaavia.

Valtakunnallisesti KuY arvioi koulutustarpeen olevan kaikkiaan noin 100 vuosittain, joista 25 väitellyttä. Kuopion yliopiston lääketieteellisen tekniikan ja fysiikan koulutus painottuu selvästi tohtorituotantoon. Kuopion yliopiston tavoite tällä alalla on n. 50 valmistuvaa vuosittain, joista 15–20 jatkokoulutetaan ja näistä noin viisi jatkaa akateemisella uralla. Loput siirtyisivät muihin tutkimuslaitoksiin ja teollisuuteen.

Teknillisen korkeakoulun lääketieteellisen tekniikan laboratorio laskee, että Suomessa on tällä hetkellä arviolta 500 työpaikkaa yliopistokoulutuksen lääketieteellisessä tekniikassa saaneille. Jos vuotuinen vaihtuvuus on 10%, uusia työpaikkoja avautuisi n. 50/vuosi. Koulutus antaa valmiudet hakeutua muuhunkin high-tech-teollisuuteen, mutta toisaalta lääketieteellisen tekniikan työpaikoista kilpailevat myös yliopistofyysikot. Lisäksi yritykset kouluttavat sisäisesti alan osaajia. TKK:n sovelletun elektroniikan laboratorion arvio on, että valtakunnallinen tarve vuoteen 2012 on n. 45 DI:tä ja 12 tohtoria teollisuuteen ja 5 tohtoria TKK:hon vuosittain.

Tampereen teknillisessä yliopistossa Ragnar Granit instituutti (RGI) toteaa, että vaikka omat koulutusmäärät ovat jatkuvasti kasvussa, ei valmistuneiden työllistymisessä ole mitään ongelmia. Sen vuoksi koulutusmäärät voivat jatkuvasti kasvaa taloudellisen kasvun ja korkean teknologian teollisuuden kehittymisen sekä kehittyvän terveydenhuollon perusteella noin 5–10 % vuodessa lähivuosien aikana. RGI on sitä mieltä, että alan koulutusta ei ole tarkoituksenmukaista aloittaa uusilla paikkakunnilla. On parempi keskittää kuin hajauttaa.

Signaalinkäsittelyn laitoksen mukaan alan koulutusta tarvitaan valtakunnallisesti lisää siten, että sillä tuetaan osaamiskeskittymien syntyä. Alan koulutusta tarvitaan lisää uusilla

erikoistumisalueilla. Tarpeen tyydyttäminen on TTY:ssä aloitettu uuden koulutusohjelman suunnittelulla (biotekniikka) ja uudella pääaineella signaalinkäsittelyn laitoksella (laskennallinen systeemibiologia). Signaalinkäsittelyn laitoksen M2oBSI ryhmän mukaan todellinen osaaminen tuo alan työpaikkoja Suomeen. Lääketieteellisen tekniikan koulutuksen pitäisi sisältää sellaista perustietoa ja osaamista, joka synnyttää työpaikkoja. Lukumääräisesti nykyinen koulutus on riittävää nykyiseen tarpeeseen esim. terveydenhuoltoon ja olemassaoleville yrityksille, mutta merkittävä tutkimus voi luoda suurenkin paineen alaan koulutukselle.

6 Sairaалainsinöörien ja sairaалafyysikoiden toimenkuvat ja koulutus

Sairaалainsinöörit toimivat Suomessa eritasoisissa sairaaloissa lähinnä teknisten osastojen yhteydessä, jolloin he tarjoavat palveluja koko sairaalalle. Sairaалainsinöörien toimialoja ovat erilaiset insinööritieteet kuten rakennustekniikka, konetekniikka, sähkötekniikka sekä viestintä- ja tietotekniikka. Kaikkiaan sairaалainsinöörejä lieene Suomessa satoja, mutta yliopistotasosta koulutusta ei vaadita kuin osaan viroista.

Esimerkiksi Englannin sairaaloissa toimii klinikkatasolla sekä insinöörejä että fyysikoita, jotka on organisoitu yhteisen lääketieteellisen fysiikan tai tekniikan osaston alaisuuteen. Malliin liittyy myös sairaалainsinöörien erikoistumiskoulutusjärjestelmä. Suomessakin on useaan otteeseen harkittu tällaista klinikkainsinöörin erikoistumiskoulutusta ja siihen liittyvää sairaалainsinöörin nimikettä. Tällaiselta henkilöltä edellyttäisiin mm. alan yliopistotasosta pohjakoulutusta sekä ohjelmoitua käytännön harjoittelua. Kun sairaалainsinöörin erikoistumiskoulutus ei ole saanut ilmaa siipiensä alle, on tällainen yksikössä toimivan ammattilaisen tarve pyritty tyydyttämään laajentamalla sairaалafyysikon erikoistumisaloja myös säteilyä tuottamattomiin ja sähköisiin mittauksiin liittyviin tehtäviin.

Sairaалafyysikko on akkreditoitu terveydenhuollon ammattihenkilö. Suomalaisen sairaалafysiikan historia alkoi vuonna 1937, jolloin Helsingin yleisen sairaalan (myöhemmin Helsingin yliopistollinen keskussairaala) sädehoito-osastolle perustettiin sairaалafyysikon virka. Sen jälkeen eri sairaaloihin on perustettu noin 80 sairaалafyysikon virkaa diagnostiikan ja hoidon tason kehittämiseksi. Sairaалafyysikon koulutus on myös useilla yliopistoissa, tutkimuslaitoksissa ja yksityissektorilla työskentelevillä erikoisammattilaisilla.

Sairaалafyysikon erikoistumiskoulutus on määritelty asetuksessa korkeakoulututkintojen järjestelmästä (464/1998) sekä humanistisista ja luonnontieteellisistä tutkinnoista annetun asetuksen muutosasetuksessa (834/2000). Sairaалafyysikon koulutukseen kuuluu filosofian tai tekniikan lisensiaatin tai tohtorin tutkinto, jonka tutkimusala (pääaine) on fysiikka, lääketieteellinen fysiikka, teknillinen fysiikka, biofysiikka tai lääketieteellinen tekniikka. Lisäksi edellytetään neljän vuoden harjoittelua sekä hyväksyttyä säteilyturvallisuuskuulustelua ja sairaалafyysikkokuulustelua. Viime vuosina koulutukseen on lisätty vielä ammatillinen täydennyskoulutusvaatimus. Suomalainen sairaалafyysikkokoulutus onkin vaativimpia maailmassa. European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP) on hyväksynyt koulu-

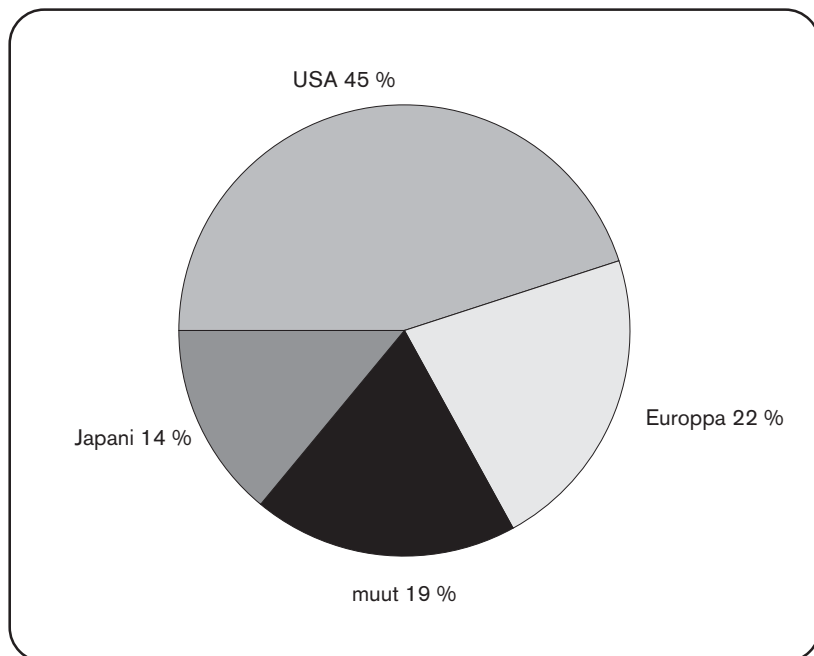
tuksen vuonna 2004.

Sairaala-fysiikot työskentelevät enimmäkseen keskussairaaloiden kuvantamisyksiköissä, joissa he vastaavat isotooppi- röntgen- ja magneettikuvauksen fysiikasta ja tietotekniikasta, sekä sädehoitoyksiköissä, joissa heidän päätehtävänä on sädehoidon tekninen toteutus ja annossuunnittelu. Näissä yksiköissä he vastaavat myös säteilyturvallisuudesta. Kasvavia sairaala-fysiikkien erikoisaloja ovat magneettikuvaus ja sähköiset mittaukset.

Lääketieteellisen tekniikan ja fysiikan yliopistokoulutuksen saaneiden sairaalainsinöörien ja sairaala-fysikoiksi koulutettavien yhteistarve on 6–10 vuodessa. Vuosikymmenen lopulla ammattikunnan ikäjakautuman takia työvoimatarve arviolta kaksinkertaistuu muutamaksi vuodeksi. Sairaala-ala ei tule kuitenkaan tulla olemaan tällöinkään lääketieteellisestä tekniikasta valmistuvien päätyöllistäjä.

7 Lääketieteellisen tekniikan teollinen ja kaupallinen toiminta Suomessa

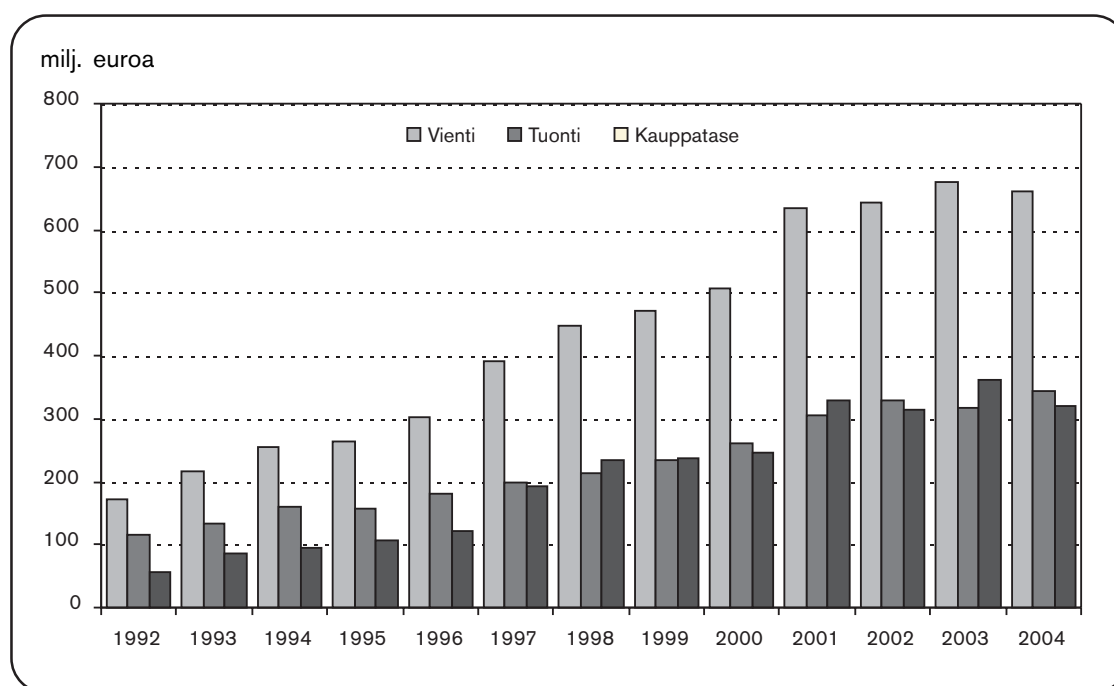
Lääketieteellisen tekniikan markkinoiden koko oli USD 178 miljardia vuonna 2002. Markkinoista lähes puolet on USA:ssa, Euroopassa noin viidennes ja Japanissa noin seitsemäsosa (kuva 3). Tuotannon jakautuma on varsin samanlainen, USA on tuotannossakin selvä markkinajohtaja.



Kuva 3. Lääketieteellisen tekniikan maailmanmarkkinaosuudet vuonna 2002, kokonaisarvo 178 miljardia USD.

Suomessa lääketieteellinen tekniikka on ollut kasvava teollisen toiminnan ala, jonka on tehokkaasti käyttänyt hyväkseen uutta huipputeknologiaa. Useat lääketieteellisen tekniikan yritykset ovat syntyneet tekniikan uusien menetelmien, erityisesti uusien mittaustekniikoiden myötäallossa. Tällaisia tekniikoita ovat olleet esimerkiksi röntgensäteilyn ja radioaktiivisuuden mittaustekniikan käyttö, moderni optiikka, suprajohtavuus jne. Viimeksi kuluneiden kymmenen vuoden aikana on syntynyt myös lukuisia tietotekniikkaa terveydenhuoltoon soveltavia pienyrityksiä. Niiden kokonaislukumäärän arvioidaan olevan 100–200 kpl.

Alan suurimmat yritykset kuuluvat lähes poikkeuksetta yrittäjäjärjestö Terveysteknologian Liittoon (Finnish Health Care Technology Association, FiHTA). Teollisen tuotannon kotimarkkinat ovat pienet, niinpä esimerkiksi FiHTA:an kuuluville yrityksille on tyypillistä yli 95 % vientiaste ja vahvasti positiivinen ulkomaankaupan tase (kuva 4). Niiden ulkomaan viennin vuosiarvo lähentelee 700 miljoonaa euroa. Suomalaiset yritykset ovat menestyneet hyvin kaikkein kilpailluimmilla maailmanmarkkinoilla. Tärkein vientimaa on Yhdysvallat.



Kuva 4. Suomen lääketieteellisen tekniikan teollisuuden ulkomaankauppa vuosina 1992–2004.

FiHTA:aan kuuluu nyt 27 alan yritystä. Yrityksistä suurimmat, joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta ovat muuttuneet globaalisten toimijoiden tytäryrityksiksi. Näiden yritysten sitoutuminen Suomeen on enää vain liiketoimintalähtöistä. Vaikka tytäryhtiötaloudessa linjapäätökset tehdään Suomen ulkopuolella, lääketieteellisen tekniikan koulutuksen saaneita erityisesti koskevat tutkimus ja tuotekehitys ovat säilyneet Suomessa merkittävänä työllistäjinä. Tähän on epäilemättä ollut syynä korkealaatuinen osaaminen, mutta myös kohtuullinen palkkataso. Samalla on myös todettava, että globaalit yritykset tarjoavat työntekijöilleen globaaleja mahdollisuuksia.

Yksi suomalaisen yritystoiminnan menestykseen vaikuttanut tekijä on ollut sairaaloiden piirissä tehty yhteistyö yritysten kanssa. Kun terveydenhuollon koulutuksen ja tutkimuksen perusteella myönnetyn erikoisvaltionosuus- (EVO-) rahoituksen reaaliarvo on kymmenessä vuodessa laskenut peräti noin kolmasosaan, ovat sairaaloiden ja yritysten väliset yhteistyömahdollisuudet myös rajoittuneet. Samaan aikaan terveydenhuollon tulostavastuu on kiristynyt ja

jopa ylivarovainen suhtautuminen muuhun kuin varsinaiseen potilastyöhön on yleistynyt. Tämä ei ole yhteiskunnan etu.

Teollisista tuotteista Suomen vientiartikkelit kuuluvat pääasiallisesti diagnostiikan ja hoidon laitteisiin ja menetelmiin. Tällä sektorilla kansainvälinen kilpailu on kova, mutta tuotteita voidaan myös käyttää globaalisti. Sen sijaan tietojärjestelmät toimivat useimmiten muuhun terveydenhuollon systeemiin integroituneena, josta seuraa merkittävästi rajoittuneempi käyttöalue.

Viime aikoina on keskusteltu demografisen tarkastelun esille nostamasta tarpeesta kehittää lähinnä vanhusten, mutta myös vammaisten avuksi tekniikoita itsenäiseen selviytymiseen. Tällä alueella useimmat ratkaisut ovat vahvasti sidoksissa kansallisiin ja paikallisiin sosiaalisiin ja kulttuurisiin toimintamalleihin. Toinen keskusteluakin herättänyt aihepiiri on terveydenhuollon prosessien johtaminen, joka sekin on voimakkaasti sidottu kansallisiin toimintamalleihin.

Keskustelujen perusteella on syntynyt vaikutelma, että lääketieteellisen tekniikan isojen yritysten työllistävä vaikutus ei tule merkittävästi kasvamaan lähitulevaisuudessa. Nykyiset pk-yritykset menestyvät suhteellisen hyvin. Ne voivat olla tulevaisuuden suuryrityksiä ja niiden menestymismahdollisuuksista huolehtiminen on erittäin tärkeää. Pienet yritykset ovat pettynyt riskirahoitukseen: alkuun on suhteellisen helppo päästä Tekesin ja Sitran avulla, mutta tuki ei riitä tarpeeksi pitkälle tuotannon järjestämiseksi.

Suomalaisen lääketieteellisen tekniikan teollisuuden vahvuuksia ovat Ahjopalon [4] näkemyksen mukaan laaja-alainen ja kohtuuhintainen insinööriosaaaminen, tieteellisesti huipputasoiset, mutta pragmaattiset lääketieteen osaajat, mutkaton teollisuuden, korkeakoulujen ja sairaaloiden yhteistyö (kuva 1), sekä pienen maan ja pienten kotimarkkinoiden sanelema pakko verkottumiseen vientimarkkinoilla.

Heikkouksina hän mainitsee pienet kotimarkkinat, ohuen pk-yritysten riskirahoituspohjan (huono tunnettuus suurissa rahastoissa), yritys- ja tutkimusrahoituskentän pirstaleisuuden (puuttuu merkittävä kansallinen tai alueellinen lääketieteellisen tekniikan klusteri), ison suomalaisen veturiyrityksen puute, sekä Suomen heikon houkuttelevuuden investointikohteena.

Vaikka Suomi on ollut monien tilastojen mukaan maailman kilpailukykyisin maa, niin lääketieteellisen tekniikan alalla toinen pieni EU-maa Irlanti on onnistunut houkuttelemaan sijoittajia merkittävästi paremmin. Syinä tähän on Irlannin Industrial Development Agencyn runsas varojen käyttö, infrastruktuurin määrätietoinen rakentaminen, yrityksiä houkutteleva verokohtelu ja hyvä kansallinen markkinointi.

Innovaatiotoiminnan vahvistamiseksi on maassamme käynnistetty alueellisia osaamiskeskustoja aloille, joissa on erityisiä paikallisia vahvuuksia. Osaamiskeskustoja on vuodesta 1995 lähtien perustettu 18 alueelle yhteensä 45 kappaletta. Näistä ainakin neljän voidaan katsoa kuuluvan lääketieteellisen tekniikan alueeseen. Helsingissä yhtenä osaamisalana on lääketieteen ja hyvinvoinnin teknologia, Kuopiossa terveydenhuollon teknologia, Oulussa hyvinvointiteollisuus ja Tampereella terveysteknologia.

Kaikki neljä osaamiskeskusta on organisoitu usean tutkimus-, yritys- ja aluetoimijan yhteistyöksi. Tässä yhteydessä on erityisesti syytä tuoda esille Oulun malli, joka lienee näistä yritysälähtöisin. Siellä osaamiskeskukset ovat kehittäneet foorumityöskentelyn, jolla pyritään saattamaan yhteen yrityksiä ja tutkimus- sekä koulutuslaitoksia. Lääketieteen tekniikalle muodostetussa Wellness Forumissa toimii aktiivisessa keskinäisessä yhteistyössä useita keski-suuria yrityksiä.

8 Lääketieteellisen tekniikan kansainvälinen kehitys

8.1 Huomioita lääketieteellisen tekniikan (Itt) koulutuksesta Euroopassa ja USA:ssa

Euroopassa on arviolta 150 yliopistoa tai muuta korkeamman koulutuksen instituutiota, jotka tarjoavat lääketieteellisen tekniikan (Biomedical Engineering) koulutusta eri tasoilla, erilaisilla laajuuksilla ja syvyydellä. Koulutuksen sisältöä ei ole erityisesti harmonisoitu eikä koulutuksen tai koulutettujen laatuakkreditointia laajasti tehty. Useimmiten Itt-koulutus tapahtuu opiskelun loppuvaiheessa, kun opiskelun alkuosa on tyypillisesti perusinsinööritieteen tai yliopistojen luonnontieteiden sanelema.

EU:n piirissä on esiintynyt ryhmäpyrkimyksiä lääketieteellisen fysiikan ja tekniikan koulutuksen sisällön harmonisointiin, sen laadun varmistuksen kehittämiseen ja myös ajatuksia yleisemmästä akkreditoinnista. Mainittakoon esimerkkinä tällaisesta työstä vuonna 2001 ilmestynyt katsaus eurooppalaiseen näiden alojen koulutukseen [5]. Kirja sisältää nykytilan yleiskatsauksen lisäksi huomattavan määrän kohdennettuja koulutussuosituksia.

Suosituksissa on mukana monia kannatettavia pyrkimyksiä, kuten opiskelijoiden ja opettajien liikkuvuuden lisääminen koulutuksessa, esityksiä alan tutkimustyön sisällyttämisestä koulutukseen, kontaktiopetuksen minimimäärän varmistaminen, opetussisältöjen määrittelyä jne. Näihin suosituksiin ei tässä paneuduta yksityiskohtaisemmin, mutta on syytä kuitenkin tarkastella peruskoulutuksen tulevan koulutussisällön rakennetta.

Nyt käyttöönottovaiheessa olevassa, Bolognan julistuksen mukaisessa opiskelun rakenteessa kandidaatin (bachelor) 3-vuotista tutkintoa ehdotetaan suoritettavaksi jonkin perustieteen (tai -tekniikan) alalta. Lääketieteellisen tekniikan erityiskoulutuksen tulisi olla maisteri- (master-) tasoa, nimelliskestoltaan 2 vuotta.

On esimerkkejä myös integroidusta LKT-koulutuksesta, joka yllämainitussa 5-vuotisessa Itt-ohjelmassa sisältäisi sekä lääketieteellisen tekniikan kandidaatti- että maisteriohjelmat. Esimerkkinä tällaisesta kokeilusta esitetään seuraavassa piirteitä Eindhovenin teknillisen yliopiston integroidusta 5-vuotisesta Itt-opetusohjelmasta (Hollannin “Technique with Care”) [6].

Eindhovenin ohjelman erityispiirre on teoreettisen luento-opetuksen ja ongelmaratkaisukeskeisen opiskelun (Design-centered-learning, DCL) yhdistäminen. Ongelmakeskeinen opiskeluosuus tapahtuu ryhmätöinä, joka voi tuoda opiskeluun monitieteisyyttä ja kehittää kommunikaatitaitoja sekä kykyä yhdistellä asioita monitieteisesti. Menestyksellinen DCL-opiskelu edellyttää, paitsi teoreettisen osuuden etukäteishallintaa, myös henkilökohtaista

tiedon etsintää ryhmätöiden aikana.

Eindhovenin ohjelmassa lääketieteellisen tekniikan tutkijakoulutus on rajattu master-tasolla muutamaani yliopiston tunnustettuun vahvuusalueeseen. Niitä ovat:

- biomekaniikka ja kudosteknologiat,
- molekyyli- ja biologinen tekniikka ja molekyylikuvantaminen sekä
- biomolekyylien kuvantaminen ja mallinnus.

Aihepiirit ovat vaativia ja moderneja.

Hollannin koulutukseen liittyy odotuksia uudenlaisen lääketieteellisen tekniikan spesialiteetin (Medical Engineer) syntymisestä lääkäreiden ja insinöörien välimaastoon. Näiden insinöörien oletetaan toimivan terveydenhuollon hoidon täysivaltaisina jäseninä. Koulutukseen täytyy silloin luonnollisesti liittyä myös akkreditointi, jotta potilasturvallisuuden vaatimukset täytetään. Työnantajan on voitava luottaa siihen, että työntekijällä on toimeen vaadittavat tiedot, taidot ja valmiudet. Samoin terveydenhuollon asiakkaan, potilaan, on voitava täysin luottaa työntekijän pätevyYTEEN.

Tällaisten tutkintojen ja ammatillisen pätevyYden kansainvälinen tunnustaminen edellyttää koulutuksen harmonisointia. Suomessa vastaavaa on sovellettu vain sairaalafysiikoiden koulutuksessa, johon kuuluvat omat pätevyysvaatimukset ja neuvottelukunta. Oikein toteutettuun akkreditointiin liittyy se merkittävä positiivinen tekijä, että koulutettavalla on mahdollisuus liikkua vähintään euroopanlaajuisesti jo koulutuksen ja harjoittelun, mutta myös työtehtävien aikana. Ainakin toistaiseksi asiaan liittyvät viralliset vaatimukset ovat maa-kohtaisia, eikä nopeaa muutosta liene odotettavissa.

USA:n yliopistojen insinöörinkoulutuksessa "Biomedical engineering" on yksi tasavertaisista spesialiteeteista. Sitä, kuten muitakin koulutusaloja, arvioidaan ahkerasti. Huipuiksi arvioiduille koulutusohjelmille on tyypillistä laaja poikkitieteellinen tutkimustyö alkaen molekyyli- ja solutasolta elimiin ja fysiologisiin systeemeihin saakka. Ne pyrkivät yhdistämään biologiaa ja insinööritieteitä, käyttämään uusimpia tekniikan menetelmiä ja myös kehittämään uusia tekniikoita.

Bachelor-tutkinto suoritetaan yleensä klassisten insinööritieteiden tapaan, mutta esim. Duke-yliopistossa on mahdollista suorittaa tutkinnon pääaine lääketieteellisessä tekniikassa. Parhaiden ohjelmien master-koulutukselle on tyypillistä tutkimuksen ja opetuksen vahva integrointi, johon liitetään opiskelijoiden kiinteä ohjaus. Tutkimusalat ovat moderneja ja huippuyliopistoilla on osoittaa runsaasti esimerkkejä tutkimustyönsä arvostuksesta.

8.2 Lääketieteellisen tekniikan nykytrendejä

Lääketieteellinen tekniikka on kiinteästi mukana lääketieteen ja terveydenhuollon kehityksessä. Tekniikka on vauhdittanut merkittävästi lääketieteen kehitystä, mutta terveydenhuollon organisaation muutoksessa sillä on ollut lähinnä avustava rooli.

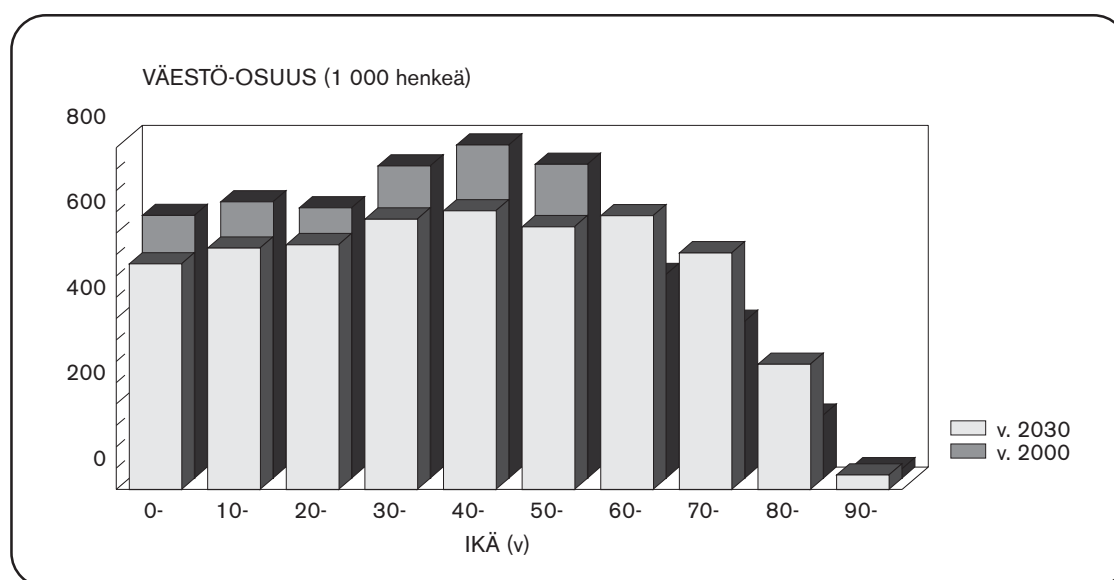
Terveydenhuoltojärjestelmämme on jo pitkään pyrkinyt suuntaamaan voimavaroja erikoissairaanhoidosta perussairaanhoidoon ja laitospohjaisesta hoidosta kotihoitoon. Sairaalahoidon nykykehitykselle on ominaista minimointi, joka koskee hoitoaikoja, invasiivisuutta, interventioita ja kustannuksia. Pikaista hoitotarvetta vailla oleville, esimerkiksi valtaosalle vanhuksista, pyritään tarjoamaan mahdollisimman hyvä terveys- ja sosiaalipalveluiden taso kotona. Tämän uskotaan paitsi säästävän kokonaiskustannuksia, myös parantavan elämänlaatua.

Sairaalaympäristössä tekniikan odotetaan tuottavan entistä tarkempia diagnoosi- ja seurantamenetelmiä sekä entistä vähemmän elimistöä ja kudosta rasittavia toimenpiteitä. Tähän suuntaan vievät esimerkiksi äärimmäisen pienikokoiset elimistöön sijoitettavat mittalaitteet, uusien toiminnallisten kuvaus- ja kuvankäsittelymenetelmien kehittäminen tai aktiivirakenteita sisältävä kudosteknologia.

Sairaalamaailman ulkopuolella etenee uusi lääketieteellisen tekniikan osa-alue, hyvinvointitekniologia. Esimerkiksi itsenäisen suoriutumisen tekniikka auttaa vajaakuntoisia ihmisiä elämään kotona mahdollisimman pitkään ja laadukkaasti. Tämän tekniikan merkitys tulee kasvamaan suomalaisten ikääntyessä (kuva 5). Uudet apuvälineet ovat usein hyvinkin yksinkertaisia hyödyntäessään olemassa olevia tietoteknisiä menetelmiä ja laitteita. Todennäköisesti johdonmukainen tarveanalyysi tällä uudella sovellutuskentällä tuottaa myös kokonaan uusia tutkimuksellisia haasteita.

Painopiste on siirtymässä sairauden hoidosta terveyden ja toimintakyvyn ylläpitämiseen. Tähän ajatteluun sopii hyvin omaehtoiseen liikuntaan liittyvän teknologian kehittäminen. Sykemittarista alkunsa saanut suomalainen teknologiaklusteri pohjautuu lääketieteellisen tekniikan innovaatioihin. Myös sen jatkuva kehittäminen edellyttää terveydenhuollon tekniikan asiantuntemusta.

Yksilön asema on muuttumassa passiivisesta potilaan roolista aktiiviseksi terveystiedon omaksujaksi. Suomessa on tietoverkosta saatavissa useita yrityksissä terveysvalistusta jakamaan kehitettyjä terveystietoportaaleja. Myös sairauksista ja niiden hoidosta on saatavissa runsaasti eritasoista tietoa. Seuraavaksi tullaan kehittämään mm. mobiiliportaaleja sekä semanttista web-teknologiaa ja erilaisia laateknologioita oikean ja luotettavan tiedon löytämiseksi.



Kuva 5. Suomalaisten ikääntyminen; väestöosuudet vuosina 2000 ja arvio vuodesta 2030.

Uusin tutkimus on selvittänyt elollisen luonnon käyttämien suurten makromolekyylien rakennetta. Niiden funktionaalisuuden ymmärtämisessä on vielä paljon tutkittavaa, mutta on selvää, että lääketieteellinen tekniikka tulee käyttämään molekyyli- ja funktionaalisuutta hyväkseen yhä enenevässä määrin. Näitä molekyyliä voidaan jo sinänsä kutsua nanokoneiksi ja bioniikan oppeja soveltamalla tullaan ottamaan käyttöön myös luonnon muita funktiona-

lisia ominaisuuksia, mukaan lukien niiden itsejärjestyminen. Tämä selvitysmiesten mielestä tärkeä tulevaisuuden alue on yliopistojen kyselyvastauksissa jäänyt vähälle huomiolle. Alueen sovellusten kehittäminen vaatii monitieteellisen, korkeatasoisen perustutkimuksen ja lääketieteellisen tekniikan perusosaajien saumatonta yhteistyötä.

Suomalainen lääketieteellisen tekniikan tutkimus ja yritys-elämä tulee löytämään näistä trendeistä uusia avauksia ja mahdollisuuden kasvaa jatkossakin merkittäväksi vaikuttajaksi tietyillä osa-alueilla. Uusia innovaatioita saattaisi syntyä edellä kuvattujen osa-alueiden rajapinnoilla.

Lääketieteellisen tekniikan trendeihin voidaan laajasti ottaen sisällyttää myös terveydenhuollon johtaminen ja arviointi. Niitä ei käsitellä tässä selvityksessä laajemmin, eikä niihin oteta kantaa.

9 Lääketieteellisen tekniikan koulutuksen ja tutkimuksen kehittämistarpeet Suomessa

9.1 Taustaa

Lääketieteellisen tekniikan kehitykseen on asetettu monelta taholta suuria odotuksia. Esim. Business Week päätyi joku vuosi sitten arvioon, jonka mukaan lääketieteellinen tekniikka on kymmenen lähitulevaisuudessa voimakkaimmin kehittyvän alan joukossa. Arvostettu Harvard-yliopisto suunnittelee käynnistävänsä insinöörikoulutusta, ja yhtenä harvoista kelpuutetuista uusista aloista olisi juuri “Bioengineering”.

Tekniikan Akateemisten Liiton FuturEng-hankkeen loppuraportissa kartoitettiin potentiaalisia teknologian kasvualoja. Lääketieteelliseen tekniikkaan kuuluvasta hyvinvointi- ja terveysteknologian alueesta todettiin siinä seuraavaa:

“Hyvinvointi- ja terveysteknologian alueella on huomattavaa potentiaalia. Hyvinvointiteknologian alueelta on löydetty useita potentiaalisia sovelluksia yhdistettynä mm. tietotekniikkaan, materiaalitekologiaan ja ympäristötekologiaan. Terveysteknologian avulla on kehitetty uusia palvelumuotoja ja nopeutettu diagnoosien tekemistä. Suomi on kansainvälisesti vertaillen kehityksen kärjessä teknisten ratkaisujen kehittämisessä hoitopalveluihin.” [7].

Lääketieteellisellä tekniikalla on suomalaisessa yrityselämässä, tutkimuksessa ja terveydenhuollossa tällä hetkellä sen mahdollisuuksiin nähden suhteellisen vaatimaton rooli. Se on kuitenkin ala, jonka globaali kysyntä kasvaa varmuudella kaikilla kolmella sektorilla. Erityisesti suomalaisella osaamisella on nyt merkittävän kasvun mahdollisuus. Tyydytyksellä onkin todettava, että kun Tekes nimesi uudessa strategiassaan maaliskuussa 2005 viisi uuden teknologian sovellutusalueita, yksi niistä on terveys ja hyvinvointi ja toinen, siihen läheisesti liittyvä teema on palvelut [8].

9.2 Yliopistollinen peruskoulutus

Lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutukseen ja sen kehittämiseen kohdistuu samanlaisia odotuksia kuin muuhunkin koulutukseen. Kuten aiemmin on todettu, ala on kuitenkin vahvasti monitieteinen, mikä asettaa omia erityisvaatimuksia koulutukseen. Yksi lääketieteellisen tekniikan koulutuksen keskeinen tehtävä onkin monitieteellisen yhteistyön synnyttäminen ja siihen vaadittavan käsitetiedon ja kommunikaatiotaidon kehittäminen.

Käynnissä oleva tutkinnonuudistus tarjoaa mahdollisuuksia alan koulutuksen sisällölliseen uudistamiseen ja tehostamiseen. Kandidaattivaiheen opintojen tulee antaa vaativa ja syvä oman alan peruskoulutus. Varsinainen erikoistuminen lääketieteelliseen tekniikkaan suoritetaan maisteriopinnoissa. Sisällön lisäksi koulutuksen kaikilla tasoilla huomiota tulee kiinnittää koulutuksen korkeaan laatuun.

Lääketieteellistä tekniikkaa voi tällä hetkellä opiskella sekä teknilliseen (DI) että luonnontieteelliseen (FM) tutkintoon johtavana. Diplomi-insinöörikoulutus on jo sinänsä luonteeltaan monitieteistä koulutusta. Kaikkeen DI-koulutukseen tulee sisältyä monialaista insinöörityöteiden osaamista. Tämän takia DI-koulutus edellyttää riittävän suurta kriittistä massaa, ei pelkästään omalta suppealta erikoisalalta vaan laajemminkin. Luonnontieteellinen koulutus antaa usein mahdollisuuden syvempään teoreettiseen erikoistumiseen suppealla erikoisalalla. Lääketieteellisessä tekniikassa on perusteltua tarvetta molemmille koulutuksille. Tämä tuli usein esiin selvitysmiesten työn kuluessa.

Lääketieteellisen tekniikan opintoja kehitettäessä on asioiden ja niiden suhteiden ymmärtämisen oppimiseen kiinnitettävä huomiota. Kansainvälisyys tulee kaikessa koulutuksessa koko ajan korostumaan. Lääketieteellisessä tekniikassa onkin valmisteilla kansainvälisen englanninkielisen koulutusohjelman aloittaminen (TTY). Kansainvälisyyttä korostettaessa ei tule unohtaa kotimaisen yhteistyön merkitystä; pienelle alalle se on tärkeää. Opiskelijoiden pitäisi liikkua myös maan sisällä yliopistosta toiseen nykyistä enemmän. Uusi tutkintojärjestelmä voi tarjota tähänkin entistä paremmat mahdollisuudet, jos asia huomioidaan jo sen suunnitteluvaiheessa. Myös yhteistyötä ja yhteyttä lääketieteen ja lääketieteellisen tekniikan opiskelijoiden välillä on tehostettava.

Monissa ammattikorkeakouluissa opetetaan lääketieteellistä tekniikkaa, mutta ei koulutusohjelma- tai opintosuuntanimikkeenä. Mitään tilastolukuja ei asiasta ollut käytettävissä. AMK-insinöörit soveltuvat mm. yritysten tuotanto- ja tuotekehitystehtäviin. Selvitysmiehille esitettyjen toivomusten mukaan AMK-insinöörien koulutuksessa tulisi erityisesti kehittää perustietojen, kuten matematiikan ja fysiikan ja perusinsinööritaitojen osaamista.

Koulutuspoliittisilla toimenpiteillä ja koulutusyksiköiden yhteistyöllä tulee poistaa tarpeetonta päällekkäisyyttä ja tehdä tilaa uusille erikoisalueille. Selvää on, ettei pieni maa voi toimia kattavasti laajalla poikkitieteellisellä tieteenalalla, mutta ilmeiset puutteet tulee identifioida ja korjata.

9.3 Tutkijakoulutus ja tutkimus

Perustutkintoihin verrattuna lääketieteellisen tekniikan jatkokoulutus on määrällisesti mittavaa. Alan luonteen takia näin tulee olla jatkossakin. Yksi lähiajan tavoite on saada alalle oma laaja kansallinen tutkijakoulu. Tutkijakoulun tulee suuntautua modernisti. Sen tulee myös edistää jatko-opiskelijoiden liikkuvuutta yliopistojen välillä ja parantaa käytännön taitoja.

Yliopistojen budjettirahoitus on kasvanut niiden toimintavolyymia hitaammin. Tämä on johtanut tilanteeseen, jossa yliopistojen tutkimus rahoitetaan pääosin ulkopuolisin varoin,

joka käy hyvin ilmi tästäkin selvityksestä. Lääketieteellisessä tekniikassa merkittävimmät ulkopuoliset rahoittajat ovat Tekes, Suomen Akatemia ja yritykset. Tutkimusrahojen hakemisessa alalle tutkimussuunnitelmien monitieteisyys tuntuu olevan jopa haittatekijä. Tekesin ja Suomen Akatemian tulisikin käyttää entistä enemmän riippumatonta monitieteellistä asiantuntemusta projekteja arvioitaessa. Erityisesti Tekesin rahoituspäätökset pitäisi saada myös nykyistä pitkäaikaisemmiksi. Suomen Akatemian taas ei tulisi painottaa arvioinnissaan tutkimusten hyödyntämismahdollisuuksia vaan perustutkimuksen laatua.

Lääketieteellisen tekniikan lähiajan uusia kehittyviä alueita ovat todennäköisesti mm. bioinformatiikka, bioanturit, biolääketieteen fysiikka, hyvinvointiteknologia ja bionanoteknologia. Monissa uusissa lääketieteellisen tekniikan tutkimushankkeissa on mukana poikkitieteellisesti myös lääketiedettä, kemiaa, biologiaa, psykologiaa ja vaikkapa sosiaali- ja terveystiedettä. Tällaisista hankkeista, joissa on paljon tieteiden välisiä rajapintoja, voi hyvällä syyllä odottaa myös uusia innovaatiota.

Toisaalta alan osaamisklustereita pitäisi perustellusti synnyttää alueille, joissa on jo vahvaa osaamista. Tällaisia aloja ovat esimerkiksi ongelmakeskeiset alat (tyypin 2 diabetes ja metabolinen oireyhtymä sekä osteoporoosi), poikkitieteelliseen osaamiseen solutasolta kuvantamiseen ja funktionaalisuuteen liittyvät alat kuten aivo- ja sydäntutkimus, IVD, röntgen ja MR, ICT terveydenhuollossa sekä itsenäisen suoriutumisen tekniikka (4).

Suomalaisen tietotekniikan tutkimuksen innovaatiot ovat siirtyneet hitaasti sovelluksiin. Niin tietotekniikan kuin lääketieteellisen tekniikankin kehityshankkeet ovat lisäksi usein olleet liian tekniikkälähtöisiä.

Helsingin seudulla on toteutettu Helsingin yliopiston, Teknillisen korkeakoulun ja Helsingin ja Uudenmaan sairaanhoitopiirin yhteistyönä Helsingin yliopistolliseen keskussairaalaan sijoitettu BioMag-tutkimuskeskus, jossa lähinnä erilaisten kuvantamistekniikoiden piiriin on syntynyt vahva poikkitieteellinen tutkimuslaboratorio. Sen käyttäjinä toimii yhteistyössä lääkäreitä, insinöörejä, psykologeja, luonnontieteilijöitä, biologeja jne. Sen piiristä on lähtenyt liikkeelle myös yritystoimintaa ja se toimii yritysten referenssipaikkana. Tällaisia tutkimuskeskuksia tulisi lääketieteellisen tekniikan alueelle perustaa muitakin ja niiden yhteistyöedellytyksiä elinkeinoelämän kanssa tulisi helpottaa.

Useassa ammattikorkeakoulussa harjoitetaan soveltavaa ltt:n tutkimusta. AMK:t ovat uusi voimavara, jota myös yliopistojen tulisi hyödyntää tehokkaasti. Yhteistyöllä ja järkevällä työjaolla nämä kaksi tahoja pystyisivät erityisesti hyvinvointiteknologian alueella tarjoamaan parempia palveluja terveydenhuollolle ja elinkeinoelämälle.

9.4 Elinkeinoelämän odotuksia

Lääketieteellisen tekniikan koulutuksen poikkitieteellisyydestä on hyötyä myös yritysälämälle; opiskelijat oppivat monitieteelliseen keskusteluun eri tahojen, varsinkin terveydenhuollon kanssa. Koulutuksen tärkeys korostuu myös siinä, että sairaaloiden teknologian käytössä on edelleen runsaasti tehostamisen varaa.

Elinkeinoelämä toivoo lääketieteellisen tekniikan insinööreiltä keskimääräistä laajempia yleisiä valmiuksia: esittämisen-, kommunikaatio- ja johtamistaitojen, yrittäjyyden, innovatiivisuuden, luonnontieteellisen ajattelun ja omaksumiskyvyn lisäksi alalle ominaisia vaatimuksia ovat laaja-alaisuus sekä standardien ja patentoinnin tuntemus.

Pienissä yrityksissä muodollisia koulutusvaatimuksia ei juuri edellytetä. Lääketieteellisen tekniikan opinnot otetaan huomioon rekrytoinnissa, mutta pääasiassa niihin etsitään osaavaa ja sopivaa henkilöä. Suurissa yrityksissä odotetaan esimerkiksi seuraavien teknisten osa-

alueiden hallintaa: lääketieteellinen tekniikka, mittaustekniikka, elektroniikka, signaalinkäsittely, langaton tiedonsiirto, lääketiede, optiikka, säteilyfysiikka, ohjelmistotekniikka, systeemiteoria, käytettävyys, potilasturvallisuus, mallintaminen. Näissä yrityksissä huippuosaaminen soveltuvalla tutkimusalalla on selvä kilpailuetu, vaikka kovin voimakasta keskittymistä lääketieteelliseen tekniikkaan ei niissäkään suositella.

Yritysten kannalta erityinen suomalainen vahvuus on ollut sairaala-yhteistyössä tehty tutkimus ja tuotekehitysyhteistyö. Pahana uhkana yhteistyöhalukkuudelle on EVO-rahoituksen väheneminen. Uhkiksi on koettu myös kiristynyt tulosvastuu sekä toimintojen keskittyminen.

10 Toimenpide-ehdotukset

Toimeksiantonsa mukaisesti selvitysmiesten tulee tehdä lääketieteellisen tekniikan koulutus- ja tutkimustoiminnan kehitysehdotuksia, ottaen huomioon myös Suomen kilpailukyvyyn parantamisen. Selvitysmiehet esittävät seuraavia toimenpiteitä:

- Lääketieteellisen tekniikan uusien opiskelijoiden ja valmistuneiden määrät ovat kasvussa. Valmistuneiden määrät tulee nykyisestä 50–60:stä noin kaksinkertaistaa vuoteen 2012 mennessä. Yliopistojen koulutusosuuksia ei ole tarvetta ohjata keskitetysti.
- Tutkinnonuudistuksessa lääketieteellisen tekniikan kandidaatin koulutuksen tulee säilyttää oma vahva, useimmiten matemaattisluonnontieteellinen perusta, mutta sisältää myös monitieteellistä opiskeluaainesta. Uuden tutkintojärjestelmän mukaiset opinnot tulee suunnitella niin, että opiskelijoiden liikkuvuus yliopistosta toiseen helpottuu.
- Lääketieteellisen tekniikan koulutusta ei ole syytä keskittää tekniikan alan diplomi-insinöörikoulutukseksi. Diplomi-insinöörikoulutusta tulee jatkaa laajan teknillisen taustan omaavissa Oulun yliopistossa, Teknillisessä korkeakoulussa ja Tampereen teknillisessä yliopistossa. Kuopion yliopiston tulee pitäytyä siellä olevaan lääketieteellisen tekniikan hyvätasoiseen luonnontieteen alan maisterikoulutukseen ja kehittää sitä tarjoamalla vaihtoehtoisia, myös soveltavampia koulutussisältöjä.
- Yliopistojen tulee yhteistyössä opiskelijayhdistysten kanssa etsiä keinoja lääketieteellisen tekniikan ja lääketieteen opiskelijoiden välisen vuorovaikutuksen vahvistamiseen ja poikkitieteellisen keskustelukulttuurin synnyttämiseen.
- Lääketieteellisen tekniikan tutkijakoulutuksen edistämiseksi tulee lisätä jatko-opiskelijoiden ja opettajien liikkuvuutta yliopistojen välillä sekä kansainvälisyyttä, joka on elintärkeää erikoistuneelle poikkitieteelliselle alueelle. Näiden tehtävien edistämiseksi tulee perustaa nykyistä laajempi valtakunnallinen tutkijakoulu. Tutkijakoulun tutkimusaiheiden valinnalla tulee vahvistaa erityisesti uusia, tulevaisuuden lääketieteellisen tekniikan osaamisalueita.
- Lääketieteellisen tekniikan tutkimuksen, kuten kaikkien monitieteisten alojen arviointia perinteisten tieteenalojen ehdoilla tulee välttää ja käyttää arvioinnissa nykyistä enemmän kansainvälistä lääketieteellisen tekniikan asiantuntemusta. Julkista rahoitusta tulee sovellusten painottamisen lisäksi suunnata myös alan perustutkimukseen.

- Lääketieteellisessä tekniikassa koulutusta antavien yliopistojen tulisi perustaa yhteistyössä sairaaloiden ja elinkeinoelämän kanssa tutkimuskeskuksia, joiden toiminta-ajatus perustuu poikkitieteelliseen tutkimukseen ja terveydenhuollon sovellutuksiin. Valtiovallan tulee huolehtia siitä, että yliopistojen, tutkimuslaitosten, sairaaloiden ja elinkeinoelämän yhteistyön toimintaedellytykset paranevat.
- Terveysteknologian merkitys ihmisen koko elinkaaren aikana on korostumassa. Siksi kansalaisten tulisi jo koulussa oppia ymmärtämään, käyttämään ja arvioimaan lääketieteellistä tekniikkaa, jota he tulevat tarvitsemaan elämänsä aikana fyysisen kunnon ylläpitämisestä ja itsenäisestä selviytymisestä aina terveydenhuoltoon palveluksiin saakka.

Lähteet

1. Uronen, P., Teknillistieteellisen koulutuksen mahdollinen laajentaminen Keski-Suomessa ja Pohjois-Savossa, Opetusministeriön työryhmämuistioita ja selvityksiä 2004:26
2. www.becon.nih.gov/bioengineering_definition.htm
3. Jari Viik ja Jaakko Malmivuo: Lääketieteellisellä tekniikalla työDI-maailmaan; Lääketieteellistä tekniikkaa Tampereen teknillisessä korkeakoulussa opiskelleiden diplomi-insinöörien sijoittuminen työelämään; RGI raportti No. 2/1998
4. Ahjopalo, H., Yritysmaailman näkökulma (lääketieteelliseen tekniikkaan), LÄTTY -seminaari 9.2.2005, Helsinki
5. Towards a European Framework for Education and Training in Medical Physics and Biomedical Engineering, Kolitsi, Z., Ed. (IOS-Press, Amsterdam 2001)
6. Dick W. Slaaf: The trends of Biomedical Engineering in 2012, "Technique with Care" LÄTTY -seminaari 9.2.2005, Helsinki
7. Kati Korhonen-Yrjänheikki ja Sanna Allt: Teknillinen korkeakoulutus Suomen hyvinvoinnin ja kilpailukyvyn edistäjänä tulevaisuudessa. FuturEng-hankkeen loppuraportti, Tekniikan Akateemisten Liitto TEK, Helsinki 2004.
8. www.tekes.fi/tekes/sovellukset.html

Lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutuksen ja -tutkimuksen kartoitus

*kyselyt ja palautus:
palautus 31.12.2004 mennessä*

M. Hosia PL 1000; 02015 TKK
matti.hosia@tkk.fi
p. 050-5605317

Tämä kysely koskee toimeksiannon mukaisesti ensisijaisesti lääketieteellisen tekniikan diplomi-insinöörinkoulutusta. Luonnontieteellistä koulusta kysely koskee niiltä osin, kuin niissä on yhteistyötä teknillisten koulutusyksiköiden kanssa.

Tässä taulukkopohjassa on rivejä ja sarakkeita tilan säästämiseksi vain vähän. Vastaajia pyydetään tarvittaessa lisäämään tilaa vastaustaan varten. Paperivastauksia varten taulukko on syytä tulostaa vaakasuunnassa.

Lääketieteellisen tekniikan määritelmä

Kyselyssä tarkoitetaan lääketieteellistä tekniikkaa seuraavan National Institutes of Health NIH:n määritelmän mukaisesti:

“Biomedical Engineering integrates physical, chemical, mathematical, and computational sciences and engineering principles to study biology, medicine, behavior and health. It advances fundamental concepts, creates knowledge from the molecular to organ system levels, and develops innovative biologics, materials, processes, implants, devices, and informatics approaches for prevention, diagnosis, and treatment of disease, for patient rehabilitation, and improving health” (mm. www.becon.nih.gov/bioengineering_definition.htm)

Tiedot vastaajan yksiköstä.

Yliopisto:

Tiedekunta/Osasto:

Laitos/Laboratorio:

OSA 1: Resurssit ja tulokset

1.01 Rahoitus v. 2003

budjettirahoitus, ulkopuolinen rahoitus
euroa, % kok. rahoituksesta

1.02 Henkilöresurssit v. 2004

htv, budjettivaroin, ulkopuolisin varoin, arvio lääketieteellisen tekniikan osuudesta (%)

Professorit

Yliassistentit

Lehtorit
Assistentit
tuntiopetus, htv
Tutkijat (akateeminen loppututkinto)
Tutkimusta avustava henkilöstö
Muu henkilöstö

1.03 Lääketieteellistä tekniikkaa sisältävät kurssit vuonna 2004

Koulutusohjelma, kurssi, laajuus, osallistujia, arvio lääketieteellisen tekniikan osuudesta (%)
Virtuaaliyliopiston kurssit:
kurssien sisältökuvaukset tarvittaessa erillisellä liitteellä (opinto-opas).

1.04 Laitokselle/Laboratoriolle suoritettut opintoviikot vuonna 2003 yhteensä:

1.05 Lääketieteellisessä tekniikasta v. 2000–2004 tehdyt diplomi- ja pro gradu- työt (kpl) vuonna 2004 tehtyjen diplomi- ja pro gradu-töiden nimet:

1.06 Arvio v. 2000–2004 valmistuneiden työllistymisestä alueen, toimialan ja lääketieteellisen tekniikan mukaan.

valmistuneita yhteensä
työllistyneitä:

yliopiston sijaintimaakuntaan
muualle

elinkeinoelämään
yliopistoihin ja tutkimuslaitoksiin
muualle

lääketieteelliseen tekniikkaan
muulle toimialalle

1.07 Lääketieteellisessä tekniikasta v. 2000–2004 tehdyt lisensiaattityöt

tekijä, vuosi, työn nimi

1.08 Lääketieteellisessä tekniikasta v. 2000–2004 tehdyt väitöskirjat

tekijä, vuosi, työn nimi

1.09 Laitoksen/labotorion opettajien ja tutkijoiden julkaisutoiminta v. 2000–2004

referoiduissa aikakauslehdissä (kota-määrittely) julkaistut lääketieteellistä tekniikkaa koskevat artikkelit kansainvälisissä aikakauslehdissä. v. 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, hyväksytty julkaistavaksi myöhemmin.

1.10. Laitoksen/laboratorion vv. 2003–2004 eniten julkaisseet tutkijat, enintään 10

tutkijan nimi, julkaisujen määrä

1.11 Lyhyt kuvaus tärkeimmistä opetus- ja tutkimustuloksista ja muista aktiviteeteistä, joita edellä ei ole kysytty (max. 200 sanaa), mm. kotimainen ja kv-yhteistyön kumppanit, yhteisprojektit ja yhteisjulkaisut.

1.12 Lyhyt kuvaus lääketieteellisen tekniikan tutkimuksen teollisesta ja muusta kaupallisesta merkityksestä(max 200 sanaa) mm. vaikutus yritysten perustamiseen ja uudistamiseen, alaan liittyvät patentit.

Osa 2: Itsearviointi

2.1 Oman alan määrittely esim. täsmennyksenä sivun 1 yleiseen määritelmään.

2.2 Laitoksen/Laboratorion toimintastrategia lyhyesti (n. 50 sanaa)

(laajemmat strategiat halutessa erillisinä liitteinä)

2.3 Arvio opetus- ja tutkimusresurssien riittävydestä tällä hetkellä.

Pyydetään arvioimaan asteikolla 5. erinomaiset, 4. hyvät, 3. tyydyttävät, 2. vaivoin riittävät ja 1. täysin riittämättömät

henkilöresurssit: opettajat, tutkijat, muu henkilöstö

rahoitus kokonaisuutena: opetus, tutkimus

laitteisto: opetus, tutkimus

tilat: opetus, tutkimus

SWOT-analyysi oman laitoksen lääketieteellisen tekniikan ja opetuksesta ja tutkimuksesta

S: Vahvuudet, W: Heikkoudet, O: Mahdollisuudet ja T: Uhat (korkeintaan 25 sanaa per kohta)

Selvitysmiesten toimeksiantoon liittyen pyydetään lyhyitä sanallisia arviointeja seuraavista aiheista:

2.4 Arvio lääketieteellisen tekniikan koulutuksen määrällisestä tarpeesta vuoteen 2012 asti, valtakunnallisesti sekä omassa yliopistossa.

2.5. Arvio lääketieteellisestä tekniikasta valmistuvien opiskelijoiden työllistymisestä sekä alueellisesta (esim. yliopiston seutukunta/maakunta, muut maakunnat/muu Suomi) ja toimialoittaisesta (lääketieteellinen tekniikka/ muu ala) sijoittumisesta. (lähivuosina)

2.6 Omat erityisosaamis- ja toiminta-alueet nyt sekä arvio niiden muuttumisesta v. 2012 mennessä

2.7 Käsitys lääketieteellisen tekniikan yhteiskunnallisesta merkityksestä tulevaisuudessa

2.8 Mahdollisia muita aiheeseen liittyviä näkökohtia ja kommentteja

Lisätietoja:

nimi: puh:

email:

Allekirjoitukset: aika, paikka, nimi

Lääketieteellisen tekniikan yliopistokoulutuksen ja tutkimuksen selvitys

LÄTTY-seminaari keskiviikkona 9.2.2005 klo 13.00

Tieteiden talo sali 505

Kirkkokatu 6

00170 Helsinki

Seminaari liittyy opetusministeriön lääketieteellisen tekniikan selvitysmiestoimeksiantoon.

Selvitysmiehiksi on kutsuttu professorit Toivo Katila TKK ja Hannu Eskola TTY. Selvitysmiesten tehtävänä on kartoittaa lääketieteellisen tekniikan nykyvolyyymi ja arvioida alan koulutustarve vuoteen 2012 saakka sekä tehdä ehdotuksia siitä, millaisilla koulutusratkaisuilla ja -rakenteilla koulutustarve voidaan tyydyttää. Selvitysmiesten tulee myös pohtia lääketieteellisen tekniikan yhteiskunnallista merkitystä tulevaisuudessa ja arvioida lääketieteellisen tekniikan tulevaisuuden kehitystrendit ja osaamisalueet, joihin Suomen tulee lähivuosina panostaa alan koulutus- ja tutkimustoiminnassa.

LÄTTY-seminaarin ohjelma

- 13.00 Tilaisuuden avaus, selvitysmies, prof. Toivo Katila TKK
- 13.05 Opetusministeriön puheenvuoro, ministeri Tuula Haatainen OPM
- 13.20 The trends of Biomedical Engineering in 2012, prof. Dick W. Slaaf
Maastrich University
- 14.00 Selvitystehtävän esittely, selvitysmies, prof. Hannu Eskola TTY
- 14.15 Kahvitauko
- 14.30 Yritysmailman näkökulma, puheenjohtaja Hannu Ahjopalo FiHTA, GE
- 14.50 Tekesin FinnWell-ohjelma, teknologia-asiantuntija Pentti Nummi Tekes
- 15.05 Kyselyn tulosten esittely, Matti Hosia
- 15.25 Valmistellut puheenvuorot
 - Oulun yliopisto, prof. Timo Jämsä
 - Kuopion yliopisto, prof. Jukka S. Jurvelin
- 15.55 Kommenttipuheenvuorot á 5 min
 - professori Pekka Meriläinen TKK
 - tutkimusprofessori Niilo Saranummi VTT
 - prof. Pekka Karp EU
- 16.15 Yleiskeskustelu
- 16.45 Seminaarin päätös ja yhteenveto, prof. Toivo Katila

Seminaarin puheenjohtajana toimii prof. Toivo Katila.

Ilmoittautumiset 4.2.2005 mennessä (tilavarausten vahvistamisen takia) osoitteella *matti.hosia@tkk.fi*.



OPETUSMINISTERIÖ

Undervisningsministeriet

MINISTRY OF EDUCATION

Ministère de l'Éducation

ISBN 952-442-902-0

ISSN 1458-8102

Julkaisumyynti:

Yliopistopaino
PL 4 (Vuorikatu 3)
00014 Helsingin Yliopisto
puhelin (09) 7010 2363
faksi (09) 7010 2374
books@yopaino.helsinki.fi
www.yliopistopaino.helsinki.fi

Bokförsäljning:

Universitetstryckeriet
PB 4 (Berggatan 3)
00014 Helsingfors Universitet
telefon (09) 7010 2363
fax (09) 7010 2374
books@yopaino.helsinki.fi
www.yliopistopaino.helsinki.fi